ALTA FIDELIDAD:
Magnetófonos a cassette

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA




NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

ALTA FIDELIDAD:
Magnetófonos a cassette



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-517-8 (Vol. 8)
D.L.: B. 4133-1986

Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa Provenza, 388 08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts 1986

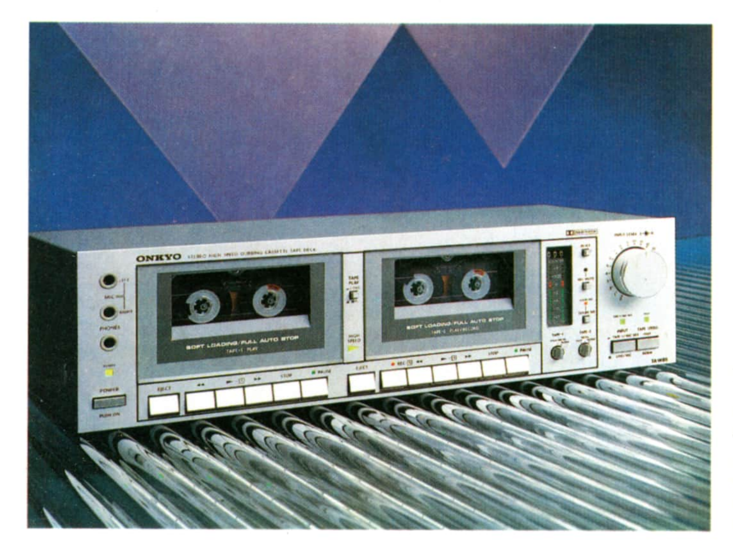
Printed in Spain

Magnetófonos a cassette

INTRODUCCION

El objetivo de este libro es exponer, de una forma asequible y en lenguaje cotidiano, los principios básicos del cassette.

Dado que no resulta fácil describir el sistema globalmente lo haremos de una forma secuencial, interrelacionando cada parte e introduciendo, a medida que se precisen, los términos y conceptos necesarios. Con ello se facilitará el conocimiento de los fenómenos de grabación y reproducción.



Reproductor de cassettes con posibilidad de trabajar con dos cintas, ambas pueden reproducir el sonido en forma estereofónica. También se usa como duplicador de cintas.

La mayoría de nosotros está familiarizado con los cassettes. Cada uno de ellos está basado en la patente original de Philips y suelen incluir un determinado número de estándares comunes a cada marca y modelo.

Al objeto de diferenciar la cinta del aparato grabador-reproductor adoptaremos para la primera la denominación de *cinta cassette* o *compact cassette,* mientras que para el aparato grabador-reproductor utilizaremos los términos *platina cassette, magnetocassette* o *cassette-deck.*

La palabra *deck* describe un sistema diseñado principalmente para ser usado en alta fidelidad, no incluye ningún amplificador de potencia y se conecta a un amplificador o receptor. Los decks portátiles, a los que llamaremos *tape-recorders,* incluyen generalmente un amplificador para excitar un pequeño altavoz.

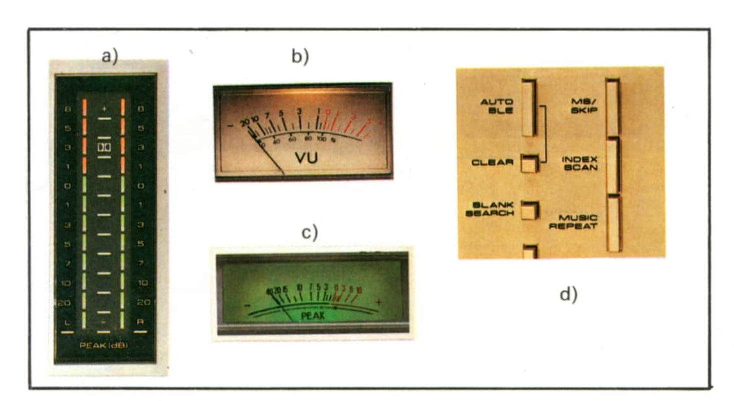


Dos modelos de cassette estéreo. a) Sistema interactivo que comunica el estado del mismo. b) Frontal con grafismos estructurados. En la figura siguiente pueden verse algunos detalles de medidores.

La platina cassette puede dividirse básicamente en cuatro partes o secciones: el mecanismo de transporte de la cinta; los circuitos electrónicos de grabación, reproducción y reducción de ruido; los circuitos electrónicos de adaptación del aparato para ser conectado a otros componentes

exteriores y los circuitos que permiten otras prestaciones y posibilidades. Posteriormente introduciremos cada uno de ellos.

Asumiremos que todos los magnetocassettes son estereofónicos, lo que significa que cada grabación precisa de dos canales separados de información. Sin embargo, un cassette-deck puede recibir la misma información por cada canal, efectuar la grabación en cada uno de ellos y reproducir posteriormente la información monofónicamente.



a) Medidor de piloto de barras de diodos luminiscentes (LED); b) Medidor de unidades de volúmen sonoro (VU), de aguja; c) Medidores de picos de aguja; d) Detalle de una zona de control de la reproducción.

EL DESARROLLO DE LA CINTA Y DEL MAGNETOCASSETTE

Cuando a mediados de la década de los sesenta aparecen los primeros grabadores reproductores de cintas compact cassette, muy pocas personas podían imaginar el gran impacto que iba a tener el sistema como artículo de consumo.

En la década de los cincuenta los aparatos de carrete abierto habían tenido una buena penetración en el mercado de consumo, sin embargo la aceptación no era mayoritaria dadas las operaciones de control que debían realizarse. Otro factor era el costo del sistema, ya que si bien las cintas vírgenes de duración equivalente a un disco podían adquirirse por un precio parecido, el aparato era mucho más caro que un giradiscos de calidad similar.





La calidad del sonido reproducido ha de ser lo más parecido posible a la del sonido original de donde procede la grabación.

La idea de un sistema a cassettes no era nueva, ya Grundig intentó introducir un sistema similar al actualmente estandarizado algunos años antes. Las razones de la universal aceptación del sistema compact cassette de Philips se debieron fundamentalmente a la duración de la cinta, a su formato y a la labor de marketing realizada en su introducción.

Otra razón igualmente importante fue la cesión de derechos a otros fabricantes para que pudieran producir cintas y sistemas sin necesidad de pagar ningún derecho o royalty. De esta forma, los fabricantes tenían la oportunidad de entrar en un nuevo mercado sin ninguna desventaja frente a Philips.

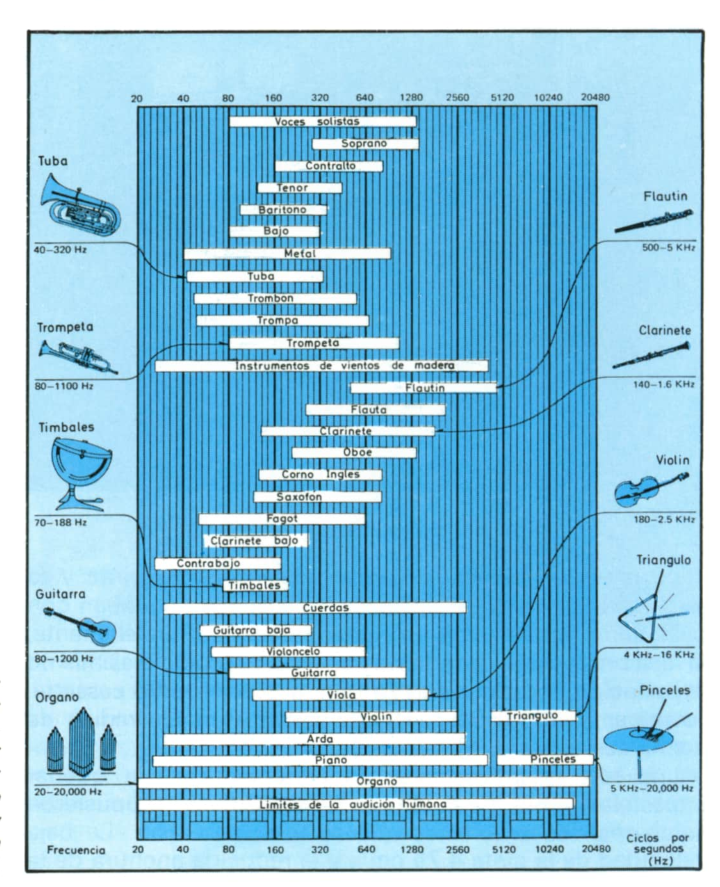


Dos reproductores de cassettes de tipo profesional que presentan la posibilidad de seguir dos velocidades. La medición de niveles de audio en dB se efectúa con vúmetros de aguja. Estos equipos presentan la posibilidad de trabajar con diferentes tipos de grabaciones. (Cortesía: Teac).

La pronta disponibilidad de grabaciones en cinta y la producción a gran escala de equipos que funcionaban con pilas abrió rápidamente un nuevo mercado. Paralelamente, la fácil producción de radios a transistores propició asimismo la aparición de otro mercado gigantesco: el radio cassette. Idénticamente, la inclusión del cassette en los radios de coche aceleró asimismo esta rápida introducción.

Los fabricantes de alta fidelidad no iban a quedar impasibles frente a este rápido desarrollo y se propusieron solucionar los problemas que se les planteaban. La baja velocidad de la cinta 4.76 cm/s y la reducida anchura de la

misma no favorecían en nada al cassette frente al magnetófono convencional. Además las propiedades magnéticas y mecánicas de las mismas estaban restringidas a la tecnología existente, y no se conseguían las densidades y tamaños de partículas necesarios para mejorar las características. En estas circunstancias la respuesta de frecuencias quedaba muy reducida y las altas frecuencias atenuadas considerablemente. Igualmente, el ruido intrínseco proveniente de la cinta era elevado y el margen dinámico (diferencia entre el máximo nivel de la señal grabable en cinta y el mínimo permisible no confundible con el ruido) estaba muy restringido.



Márgenes de frecuencias de los instrumentos musicales y voces solistas. El cassette ha de ser capaz de grabar y reproducir el mayor margen de frecuencias posible y con la más elevada fidelidad.

Otro de los problemas importantes que influían en la calidad de los cassette decks era el mecanismo de transporte de la cinta. Los sistemas no disponían de la suficiente estabilidad, adolecían de ruidos mecánicos, los formatos eran poco ergonómicos y, lo más grave, el sonido sufría una degradación apreciable.



Detalle de dos líneas de montaje de una fábrica de cassettes-deck.

En 1968 el ingeniero Ray Dolby patentó un sistema de reducción del soplido que fue rápidamente aplicado a los cassette decks de alta fidelidad. En 1975 la mayoría de los fabricantes de cassette decks de razonable calidad incluían en sus aparatos el sistema de reducción de ruido Dolby B. De esta forma uno de los principales problemas se había minimizado.

Paralelamente a este avance los mecanismos aumentaron su calidad reduciendo en gran medida el ruido mecánico.

Por otra parte su precio se redujo considerablemente al aumentar la producción y mejorar sus medios. El avance en la tecnología de fabricación de los motores y la introducción del control electrónico de la velocidad de los mismos contribuyó asimismo a la reducción de los problemas de arrastre de la cinta.

Esta línea revolucionaria de avance ha sido asumida

también por los fabricantes de cintas compact-cassette. La optimización de los procesos de producción y la utilización de nuevas partículas magnéticas, extremadamente pequeñas, depositadas con elevada intensidad sin merma de su estabilidad, han contribuido al logro de lo que parecía tarea imposible: prestaciones de alta fidelidad para los cassettes.

No olvidemos tampoco los logros obtenidos en las técnicas de fabricación de los cabezales magnéticos, que han supuesto el complemento eficaz a los restantes avances.

Digamos asimismo que la electrónica de los cassettes ha experimentado un espectacular incremento en sus estándares y la tecnología de elevada densidad de integración ha permitido introducir controles, indicadores y nuevas posibilidades, que hacen del cassette un auténtico producto de alta fidelidad y un completo centro de registro y reproducción de las señales de audiofrecuencia.

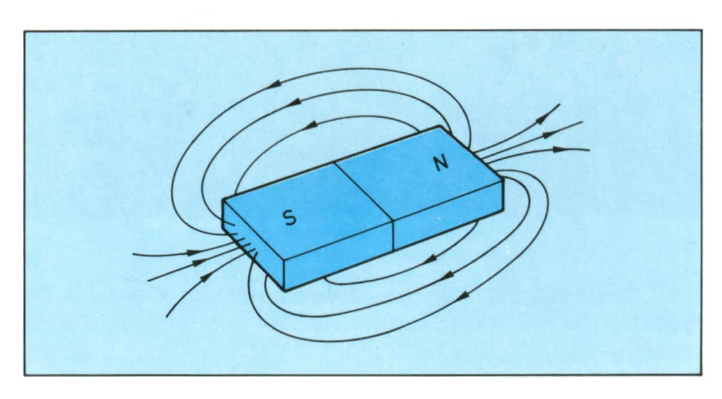


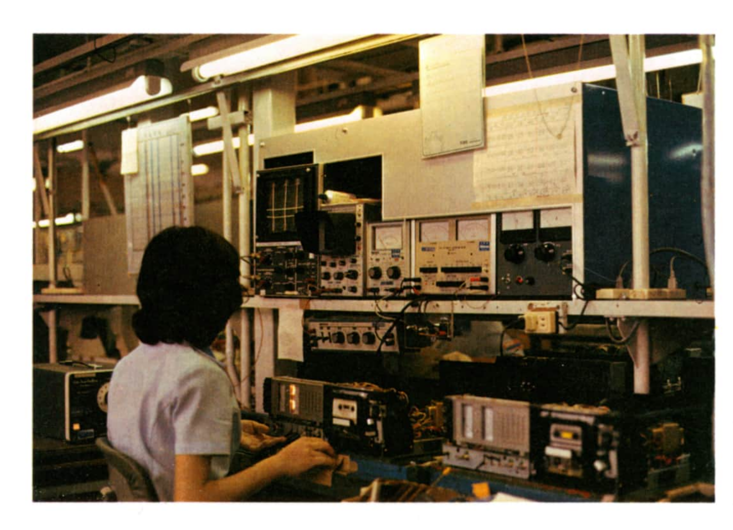
Figura 8. Espectro magnético de una barra imantada.

Los procesos de grabación y reproducción de la cinta están basados en la teoría electromagnética. Al objeto de comprender básicamente los fenómenos de registro y reproducción introduciremos algunos conceptos que nos ayudarán a comprender estos hechos.

CONCEPTOS DE ELECTROMAGNETISMO

Cuando un imán permanente atrae una pieza de hierro o

de acero estamos ante un efecto puramente magnético, mientras que si una pila envía corriente eléctrica a un conductor para calentarlo el efecto es eléctrico. Pero siempre que tiene lugar una acción en la que intervienen conjuntamente magnetismo y electricidad se dice que esta acción es electromagnética.



Inspección de las características eléctricas de un cassette deck en una cadena de montaje.

Un imán permanente genera un campo magnético que puede representarse gráficamente como un conjunto de líneas de fuerza que parecen salir de su polo Norte y cerrarse en el polo Sur (figura 8).

A mayor densidad de líneas mayor es la intensidad del campo magnético generado. Observamos además que alrededor del imán aparece una zona del espacio que posee propiedades magnéticas, tales como las de atraer partículas y materiales ferromagnéticos.

La magnetita y el hierro imantado no son las únicas fuentes de campos magnéticos. Si colocamos un hilo de alambre largo entre los terminales de una batería, observaremos que cuando circula corriente por el conductor se genera un campo magnético que puede visualizarse utilizando limaduras de hierro (figura 10). Este es un ejemplo de fenómeno electromagnético.

En 1820 el físico danés Hans Christian Oersted (1777-1851) observó que al colocar una aguja imanada en la proximidad de un conductor rectilíneo recorrido por una corriente eléctrica, aquella tendía a colocarse perpendicularmente al conductor y que al invertir el sentido de la corriente la aguja giraba 180° (figura 11). Este experimento establecía la relación entre la electricidad y el magnetismo. La corriente eléctrica que circula por el conductor genera un campo magnético alrededor del mismo. La composición de las fuerzas del campo generado y las presentes en el campo magnético inherente a la aguja imantada produce una resultante que orienta la aguja perpendicularmente al conductor.

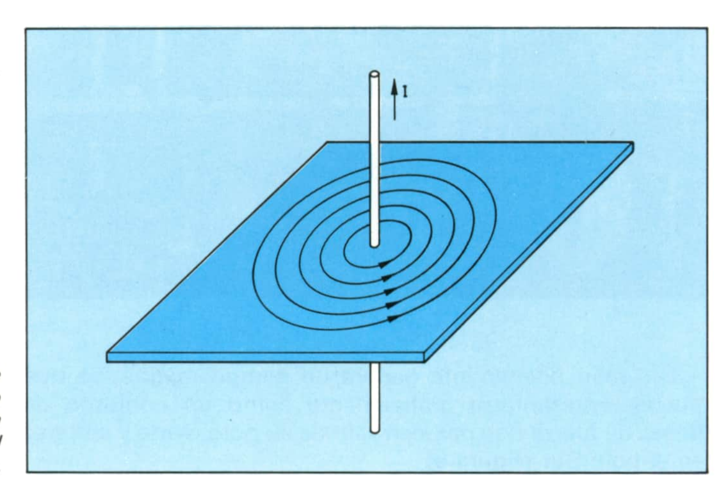


Figura 10. Diagrama de las líneas de campo alrededor de un conductor rectilíneo por el que circula una corriente.

Podemos simular la realización de un imán permanente utilizando un solenoide. Este consiste en un hilo conductor arrollado a un núcleo que puede ser de aire atravesado por una corriente eléctrica; el campo magnético que crea se visualiza en forma de sus líneas de campo (figura 12).

No todos los materiales se comportan de la misma forma al situarlos en la zona de acción de un campo magnético. Los materiales conocidos como ferromagnéticos al ser situados en la zona especificada como *a* del campo magnético generado por el solenoide son fuertemente atraídos hacia él.

Los materiales conocidos como paramagnéticos también sufren una atracción, pero en mucha menor intensidad. Los diamagnéticos son repelidos asimismo con una débil intensidad.

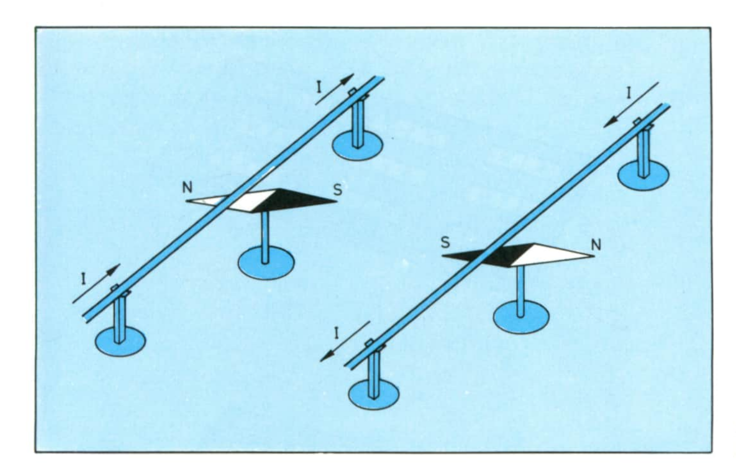


Figura 11. Experimento de Oersted.

Son paramagnéticos, entre otros, el O_2 líquido, Al, Na, Cl_2Cu, SO_4Ni, etc. Diamagnéticos lo son el agua, ClNa, cuarzo, casi todos los compuestos orgánicos y la mayoría de los inorgánicos. Son ferromagnéticos el hierro, cobalto, níquel y ciertas aleaciones y compuestos cristalinos.

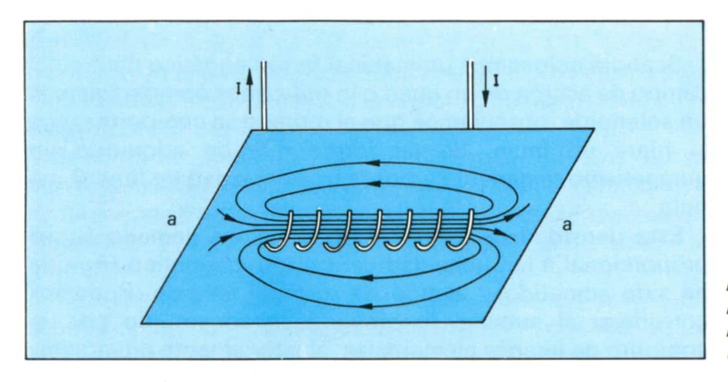


Figura 12. Diagramas de las líneas de campo magnético generadas por un solenoide.

Centraremos nuestro interés en los materiales ferromagnéticos que, como sabemos, sufren acciones del mismo sentido que los paramagnéticos pero de intensidad mucho mayor.

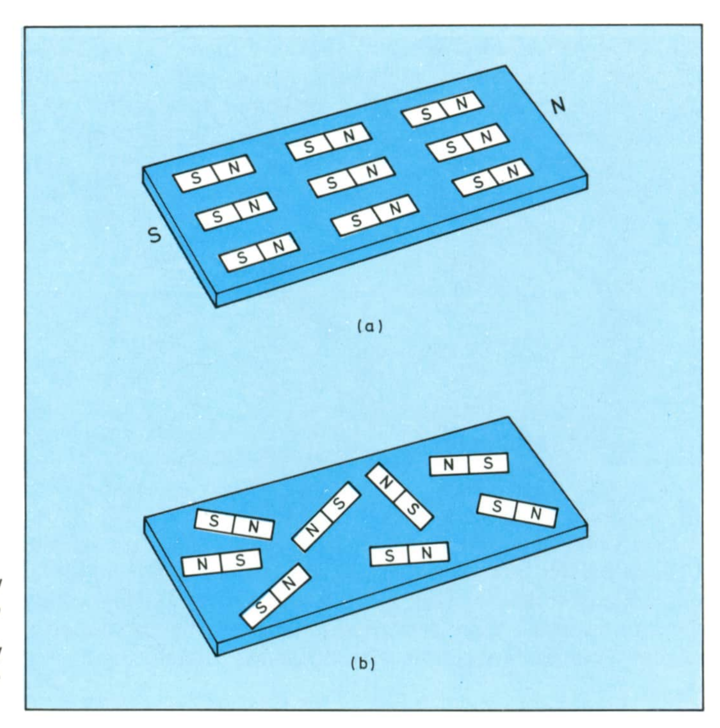


Figura 13. a) Material ferromagnético magnetizado. b) Material ferromagnético desmagnetizado.

Si ahora colocamos un material ferromagnético dentro del campo de acción de un imán o lo utilizamos como núcleo de un solenoide, observamos que al retirarlo se comporta como si fuera un imán, de tal forma que ha adquirido un magnetismo remanente y posee una densidad de flujo B_r no nula.

Esta densidad de flujo, a la que hemos llamado B_r, es proporcional a la intensidad del campo magnético H a que ha sido sometido y al tipo de material elegido. Podemos considerar al material ferromagnético constituido por un conjunto de imanes elementales, aleatoriamente orientados,

que en ausencia de magnetización se autoanulan. Cuando el metal está imantado éstos están dirigidos en el mismo sentido y sus efectos se suman (figura 13).

Cuando se introduce un trozo de material ferromagnético en la zona de acción de un campo magnético se observa que éste concentra en él, como si las succionase, las líneas de fuerza (figura 14). Esta propiedad del metal se llama *permeabilidad.* La del aire, cuerpo paramagnético, es extremadamente débil, mientras que la del hierro dulce es muy fuerte.

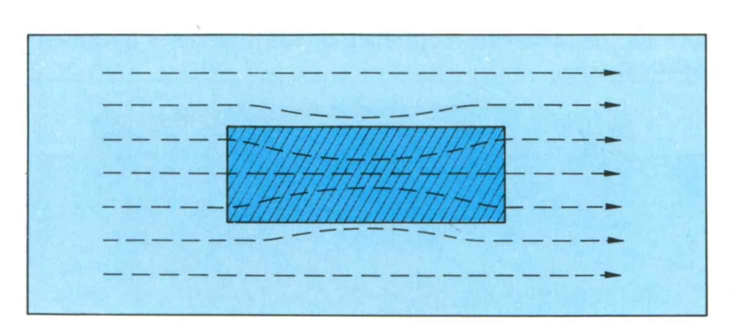


Figura 14. Campo magnético concentrado por un trozo de material ferromagnético.

Ciclo de histéresis de un material ferromagnético

Vamos a construir un solenoide, utilizando como núcleo un material ferromagnético totalmente desmagnetizado.

Aumentemos desde un valor 0 la intensidad del campo de excitación H. Entonces la relación entre este campo y la densidad de flujo B se refleja en la curva (1). Llega un momento en el que, al seguir aumentando H, la densidad de flujo tiende asintóticamente a un valor B_s llamado saturación magnética (figura 15).

Si ahora disminuimos H desde H_s hasta 0 vemos que la curva que define la relación entre H y B sigue el camino (2), de tal forma que el anular totalmente el campo H aparece un magnetismo remanente que da origen a esta densidad de flujo B_r.

Vamos a anular esta imantación aplicando un campo de sentido contrario $-H$, resultado de invertir la circulación de la corriente por el devanado (camino 3). Vemos que el

magnetismo remanente se anula al aplicar un valor H_c llamado *campo coercitivo.*

Si seguimos aumentando el campo $-H$, llegaremos a través del camino 4 a alcanzar la saturación B'_s al aplicar un campo $-H_s$, de igual magnitud que H_s pero de sentido contrario. Si ahora reducimos de nuevo el campo desde $-H_s$ hasta 0, nos moveremos por la curva 5. Observamos que continúa quedando un magnetismo remanente B_r en ausencia de excitación. Para anular esta imanación, nos movemos a través del tramo 6 hasta llegar al valor H_c que anula B_r.

Desde este punto, y por el tramo 7, cerramos este ciclo llamado de histéresis magnética de los materiales ferromagnéticos.

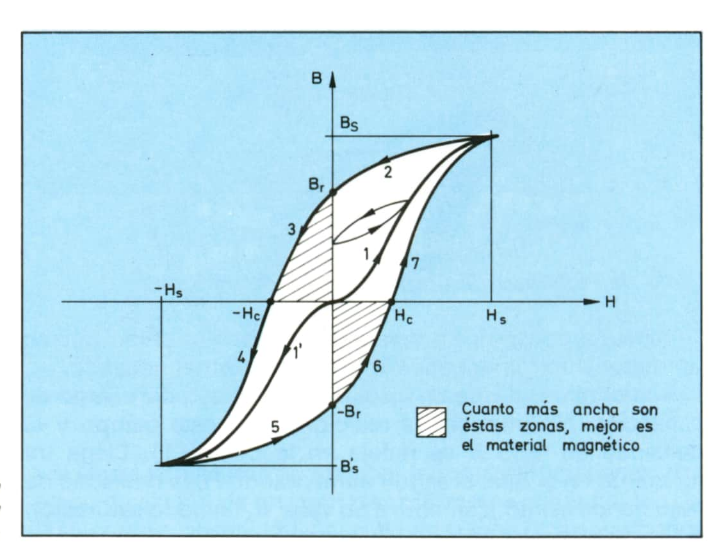


Figura 15. Ciclo de histéresis de un material ferromagnético.

No todos los materiales ferromagnéticos poseen igual ciclo de histéresis. Existen materiales capaces de adquirir un valor más elevado de B_r al aceptar un mayor valor de H_s. El mejor material magnético será aquel en el que la relación B_r/B_s más se aproxime a la unidad. Otro factor determinante en el material es su *coercitividad.* Recordemos que el campo

coercitivo es el que es preciso aplicar para anular totalmente la imantación remanente.

LAS CINTAS COMPACT-CASSETTE

Hemos visto la propiedad de los materiales ferromagnéticos de adquirir un magnetismo remanente después de haber eliminado la excitación a la que los hemos sometido. La densidad de flujo B_r podrá tomar valores que vayan desde 0 hasta $\pm B_s$ en el mejor de los casos.



Vista interior de una cinta compact cassette actual.

Consideremos ahora un conjunto de unidades ferromagnéticas depositadas sobre un soporte plástico. Cada una de ellas será susceptible de adquirir un magnetismo remanente determinado que será función de la excitación que se le haya aplicado. Podemos visualizar este fenómeno de la forma que se muestra en la figura 17. Recordemos que estas partículas (imanes elementales) poseen sus polos aleatoriamente distribuidos y el magnetismo equivalente es nulo.

Intentemos ahora depositar, sobre un soporte plástico arrollable, una sucesión indefinida y uniforme de partículas ferromagnéticas individuales, idénticas y susceptibles de ser magnetizadas por un campo magnético que varía en función de la información que queremos registrar. Si lo logramos, habremos realizado una cinta magnética. Si además la empaquetamos en un formato tipo cassette, habremos construido una compact cassette.

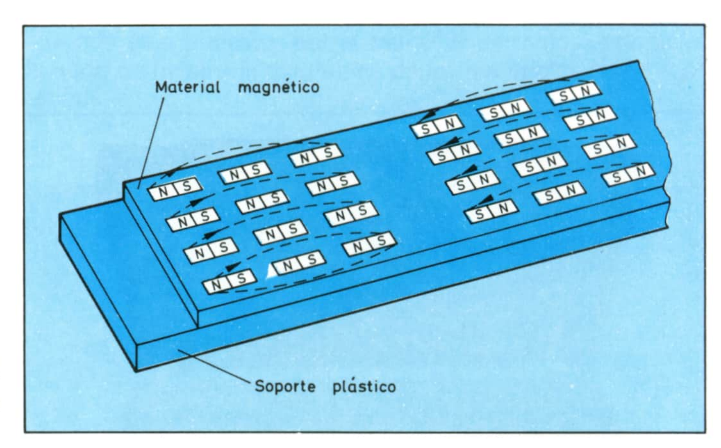


Figura 17. Conjunto de partículas magnetizadas y campos generados por las mismas.

Una cinta magnética consiste pues en una fina película de plástico a la cual está adherida permanentemente una capa de material magnético.

Aunque la película plástica y los varios agentes químicos de aglutinamiento son sumamente importantes para una buena ejecución, la capa magnética es el verdadero medio de grabación.

Las partículas ferromagnéticas elementales suelen tener forma de aguja, y una de tamaño considerado como grande puede tener una micra. Si bien en las cintas de alta salida y bajo ruido las partículas son mucho más pequeñas y están empaquetadas más apretadamente.

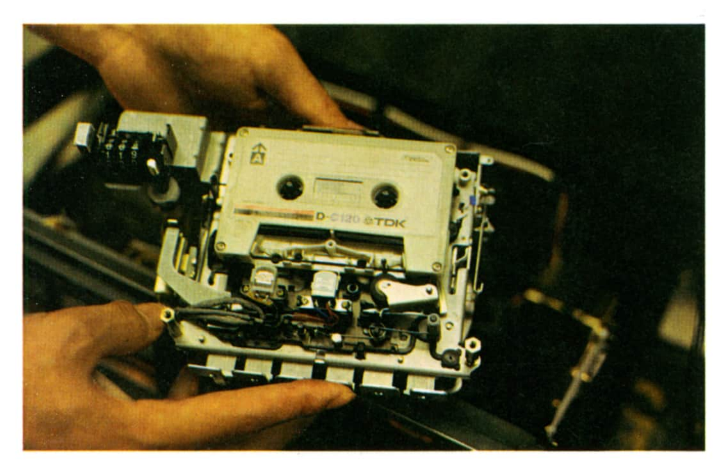
La estructura cristalina de las partículas es más perfecta cuando menos porosas y más finas son, menos imperfecciones tienen y mayor es la densidad de empaquetado.

Entonces podrán obtenerse altos valores de B_r y en consecuencia niveles de salida más elevados.

Con el fin de aprovechar las propiedades magnéticas de cada una de las partículas flotantes en forma de aguja, éstas son físicamente alineadas por un proceso magnético mientras la capa que las envuelve está aún en forma líquida, de modo que su alineado es paralelo a la cinta. Cuando la capa se seca ya no es posible ningún movimiento físico de las mismas, sin embargo, pueden ser magnetizadas en un sentido u otro dependiendo del campo magnético que se les aplique.

Cada tipo de partícula posee diferente valor de coercitividad y ésta depende de su formulación, tamaño y forma. Por contrapartida, la estabilidad de las partículas disminuye a medida que aumenta su coercitividad y, asimismo, la energía precisada para magnetizar la cinta aumenta a medida que las partículas son más pequeñas.

Vamos a agrupar las cintas en función del material magnético utilizado en su fabricación.



Detalle de un mecanismo manual actuando sobre una cinta. La sección en la compact cassette permite observar la situación de la cinta respecto de los cabezales y sistemas de arrastre.

Las cintas denominadas *normales* están formadas por partículas (gamma-Fe_2O_3, gamma de óxido férrico) y su forma de aguja suele tener una relación de dimensiones de aproximadamente $7 \div 9$. Estas cintas suelen poseer una

densidad de flujo del orden de 1.100 a 1.300 gauss y una coercitividad de 350 a 450 oersted.

En 1970, la sociedad DuPont Corporation introdujo la cinta de *dióxido de cromo* (CrO_2). Inicialmente estas cintas tuvieron sus detractores y se afirmaba que dañaban a los cabezales. Esta afirmación estaba supuestamente fundada en que, dada la mayor dureza del dióxido de cromo frente al óxido de hierro, aquél realizaba una abrasión sobre las cabezas. La propia firma DuPont realizó pruebas de duración en diferentes modelos de cabezales, resultando, después de 2.200 horas de funcionamiento, que las cintas de dióxido de cromo correctamente fabricadas eran las menos abrasivas entre las entonces existentes. Las cintas de CrO_2 poseen una densidad de flujo B_r del orden de 1.400 a 1.500 gauss y una coercitividad de 450 a 600 oersted.

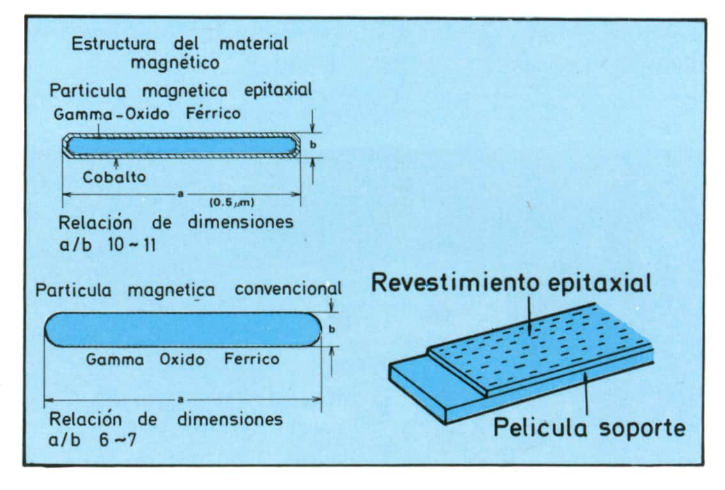


Figura 19. Comparación entre una partícula magnética convencional (óxido férrico) y una epitaxial dopada de cobalto.

En 1973 aparecieron las primeras cintas con formulaciones de *óxido de hierro* dopadas con iones cobalto (figura 19). Estas cintas, consideradas como *pseudocromo,* poseen una formulación del tipo (gamma-$Fe_2O_3 + Co$) y su Br va aproximadamente de 1.500 a 1.600 gauss. El margen de coercitividad es del orden de 500 a 550 oersted. La relación de dimensiones de las partículas aumenta a valores superiores a 10 debido a la reducción de su anchura.



Magnetófono de bobina abierta de tipo bidireccional con excelentes prestaciones adaptadas a aplicaciones profesionales. Incluye tres motores y tres cabezales. (Cortesía: Teac).

Paralelamente, aparecen las cintas de *ferricromo* (FeCr), figura 21, cuya deposición es doble y su longitud menor. Se depositan sucesivamente partículas gamma Fe_2O_3 y posteriormente partículas CrO_2. El valor de B_r oscila de 1.500 a 1.600 gauss y la coercitividad va de 300 a 3.650 oersted.

Ultimamente ha aparecido un nuevo tipo de cinta denominada *cinta de metal*, que se caracteriza por la no utilización de ningún tipo de óxido en su formulación magnética. Las partículas constituyentes son de hierro puro (Fe) y el valor de B_r se sitúa de 3.000 a 3.500 gauss,

mientras que los márgenes de coercitividad van de 950 a 1.100 oersted. La particularidad de las cintas de metal radica precisamente en la utilización de las partículas de hierro puro, que admiten una magnetización más elevada. El soporte y los aglutinantes son prácticamente idénticos a los utilizados en otras formulaciones, apareciendo a la vista muy similar a aquéllas.

En 1934 ya se habían fabricado cintas de hierro puro, sin embargo la principal dificultad residía en la protección de las partículas contra la oxidación. Actualmente el problema está completamente controlado y las propiedades magnéticas de las partículas permanecen inalterables.

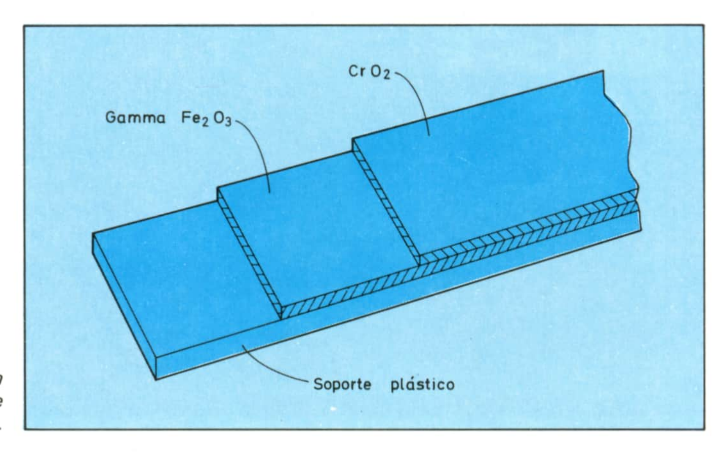


Figura 21. Constitución de una cinta de ferricromo (Fe Cr).

En próximos apartados se analizarán los conceptos de ecualización y bías (polarización de la cinta), e introduciremos los conceptos de MOL, MML, relación señal-ruido y otros que nos permitirán comprender fácilmente la diferencia entre los tipos de cinta y las prestaciones que pueden esperarse de cada formulación.

LA GRABACION

Para grabar, reproducir y borrar una señal magnética se

utilizan los llamados cabezales magnéticos. Su circuito magnético en la parte de contacto con la cinta está interrumpido por un entrehierro. Para formarlo se utiliza un material diamagnético de gran dureza.

La zona donde está el entrehierro tiene forma arqueada y está finamente pulida. Es ésta la zona en que la cinta toca la cabeza durante la grabación, la reproducción y el borrado. La construcción de estas cabezas es igual en sus principios, pero debido a las distintas funciones que realizan tienen diferentes configuraciones.



Dos modelos de reproductores estereofónicos de cassettes. El nivel de salida de cada canal, medido en dB, se señala con indicadores de pico. Existen controles para las diferentes cintas más usuales en el mercado. (Cortesía: Onkyo).

En la figura 23 se muestra esquemáticamente una cabeza de registro actuando sobre una cinta.

La misión de la cabeza de registro es la de transmitir a la cinta, en forma de magnetizaciones, las tensiones de baja frecuencia procedentes de micrófonos, radiorreceptores, tocadiscos u otra fuente de señal.

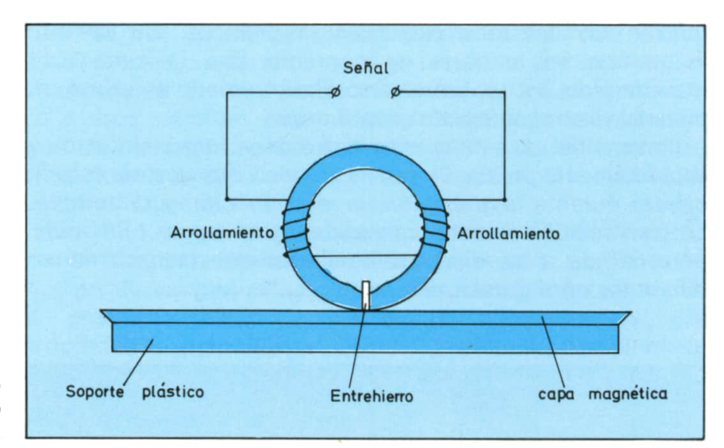


Figura 23. Esquematización de una cabeza de registro actuando sobre una cinta.

La cabeza de registro está constituida por un bobinado arrollado a un núcleo de material de elevada permeabilidad que presenta pocas pérdidas por desmagnetización. Este núcleo lleva un corte en la parte de contacto con la cinta, al que hemos denominado entrehierro. Sabemos que la circulación de una corriente eléctrica por el bobinado creará un campo magnético, cuyas líneas serán conducidas por el núcleo. El circuito magnético por el que atraviesan las líneas se ve interrumpido en su parte frontal por el material diamagnético del entrehierro, que tiende a rechazar hacia el exterior el campo magnético. La cinta, constituida como sabemos por material magnético, cerrará el circuito y conducirá las líneas del campo de un extremo a otro del entrehierro. De esta forma, las partículas magnéticas de la cinta se verán bajo la acción del campo *H,* que producirá un magnetismo remanente en sus partículas.

El entrehierro de la cabeza, tal y como se ha dicho, está formado por un material diamagnético extremadamente duro. Este material, como función secundaria, impide que se introduzcan polvo y partículas de cinta en el interior del cabezal.

PROCESO DE REGISTRO

La cabeza y la cinta magnética forman un todo que es

difícil de separar. Comencemos por examinar el proceso de registro, al cual, por extensión del término empleado para los discos microsurcos, vamos a denominar también grabación.

Sabemos que el sonido es emitido por cuerpos que vibran y se transmite a través de un medio de conducción, que suele ser el movimiento de la masa de aire circundante. A través del medio llega a nuestros oídos y el cerebro interpreta la información. Vamos a utilizar el esquema de la figura 24 para nuestro propósito, que no es otro que el de registrar una información.

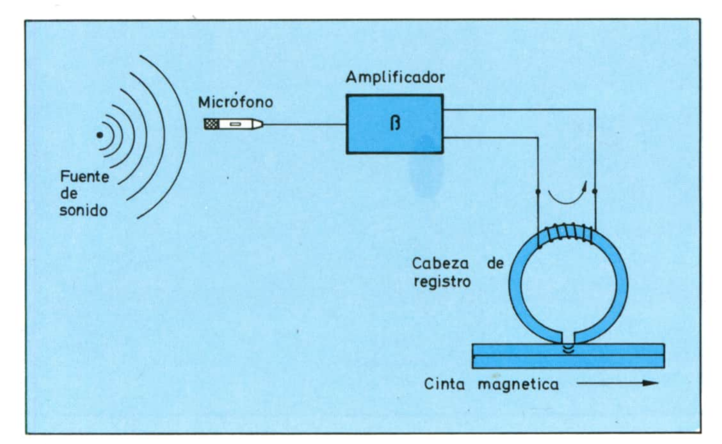


Figura 24. Proceso esquematizado de registro.

Imaginemos que las cosas se desarrollan lentamente y supongamos que la presión del aire está a punto de aumentar. El aire incide sobre la membrana del micrófono y ésta, al desplazarse, hace que se genere una corriente eléctrica que se propaga a través de un amplificador y pasa finalmente por la cabeza registradora. Sabemos que este paso tiene por objeto crear un campo mágnetico, una parte del cual discurre por el exterior, penetra hasta una cierta profundidad en la cinta magnética y crea una zona imantada cuya dirección depende evidentemente del sentido de la corriente (figura 25). Seguidamente el aire se expansiona y origina una depresión. La membrana del micrófono se desplaza hacia el exterior y el sentido de la corriente se invierte en todas las etapas del amplificador y asimismo en la

cabeza. En consecuencia, ésta envía a la cinta un campo magnético inverso.

Sin embargo, durante este tiempo la cinta se ha desplazado, de modo que esta nueva zona imantada quedará «impresa» detrás de la precedente. El proceso se repite al pasar cada onda acústica. A lo largo de la cinta hay, pues, una sucesión de polos Norte y Sur, cuya distancia es proporcional a la longitud de la onda acústica.

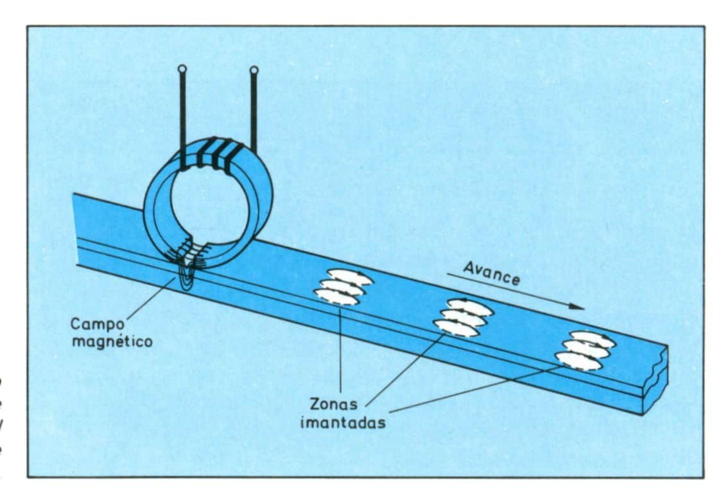


Figura 25. Bajo el efecto del campo magnético que emana de la cabeza del registro pueden orientarse las partículas magnéticas.

Vemos que la cinta es la memoria del cassette y conserva las informaciones para su ulterior restitución.

Si nos fijamos en la figura 15, en la que se ha representado el ciclo de histéresis magnética, observaremos que, cuando partimos de un material totalmente desmagnetizado, éste adquiere una densidad de flujo B_r que está relacionada funcionalmente con el campo magnético de excitación H por las curvas 1 y 1′.

El primer tramo de la curva 1 no es lineal y presenta la forma de una exponencial creciente.

Seguidamente pasa por un tramo lineal y finalmente alcanza otra zona no lineal de saturación magnética.

Lamentablemente, y debido a la existencia de esta zona no lineal, la densidad de flujo remanente que residirá en la cinta

no tendrá la misma forma que la de la excitación que queríamos registrar.

En la figura 28 se muestra la onda resultante que quedará grabada en la cinta como respuesta al estímulo eléctrico aplicado al circuito de grabación. Apreciamos una distorsión en aquellas zonas que han sido afectadas por la no linealidad de la curva.

Hasta ahora hemos ido avanzando en nuestro propósito: conocemos cómo se registran los sonidos y dónde se almacenan.



JVC presenta en el KD-D4 un completo reproductor de cintas a cassettes con medidor de espectro de picos a dos colores fluorescentes, contador digital, seleccionador de hasta 20 posiciones en cada cinta, además de los controles habituales en equipos de esta categoría.

Sin embargo, se nos ha planteado un problema: la onda registrada posee una elevada distorsión.

Vamos a eliminarla utilizando la polarización o *bías* que desarrollamos con suficiente extensión en el siguiente apartado.

LA POLARIZACION (BIAS)

Sabemos que disponemos de dos zonas lineales en los tramos de las curvas 1 y 1′ de la figura 15. En estas zonas la señal registrada adquiere la misma forma que la original.

Nuestro propósito será, pues, el de imprimir la información siempre en estas zonas lineales. Para conseguirlo elevaremos la señal por encima de las zonas no lineales.

Supongamos que disponemos de una señal de frecuen-

cias elevada, por ejemplo 100 kHz, que está muy por encima del margen de audición.

Hagámosla de amplitud tal que se sitúe aproximadamente a la mitad de la zona lineal de las curvas 1 y 1′ y llamémosla polarizadora o bías. Finalmente, sumémosle la señal que queramos registrar. Hemos generado una onda resultante que visualizamos en la figura 29.

Vamos ahora a proceder al registro de esta señal resultante; las figuras siguientes facilitarán la comprensión.

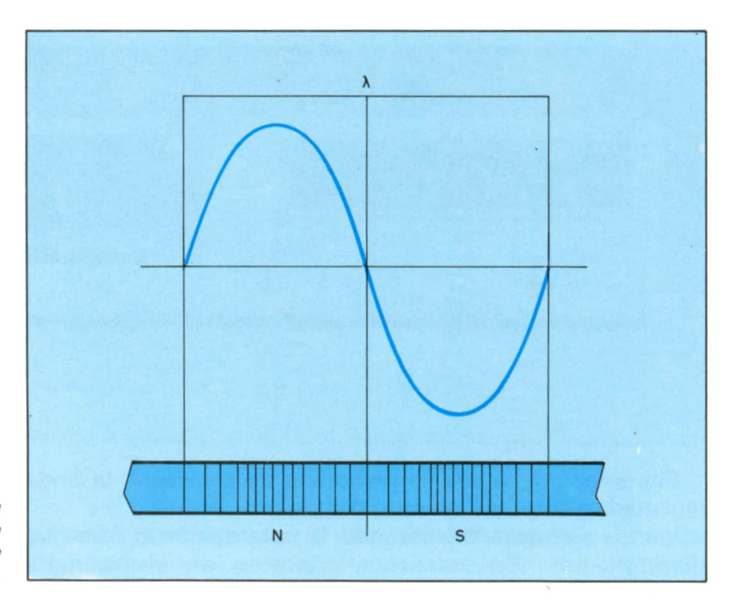


Figura 27. Representación esquemática de una onda senoidal y su grabación en una cinta magnética.

La señal polarizadora no queda grabada en la cinta debido, entre otras causas que se expondrán más adelante, a las propias características de la cabeza de registro y a los efectos de autodesmagnetización de la cinta. Sólo la señal de audiofrecuencia, ya situada de esta forma en las zonas lineales, quedará registrada. Este proceso de polarización de la cinta, que se ilustra en la figura 30, se realiza siempre en cada registro.

La frecuencia de la señal de bías suele situarse por encima

de 85 kHz, y su amplitud debe adaptarse al tipo de cinta utilizada.

Recordemos que los ciclos de histéresis son diferentes para cada tipo de material magnético.

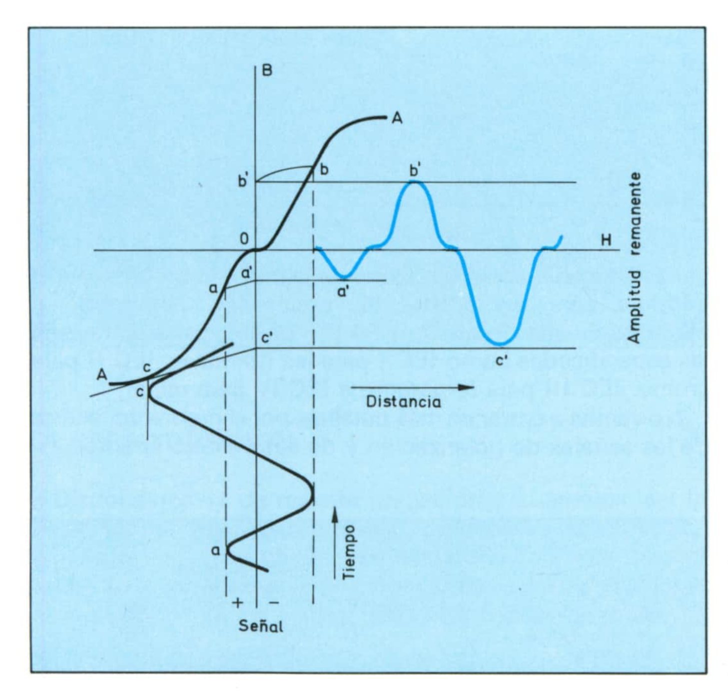


Figura 28. En la zona superior derecha se muestra la forma de onda que residirá en la cinta al aplicarle la señal de excitación que se muestra en la zona inferior central.

Las cintas normales precisarán un bías menor que las de cromo o «pseudocromo» y éstas, a su vez, menor que las de metal.

En la figura 31 el conmutador lever n.º 12 permite seleccionar el tipo de cinta utilizado. Normalmente, cada fabricante de cassette-deck ajusta los niveles de polarización correspondientes a cada posición del selector con cintas de alineado de elevada precisión y, generalmente, suele especificar en la información de características el tipo utilizado.

Sin embargo, a fin de evitar incompatibilidades entre

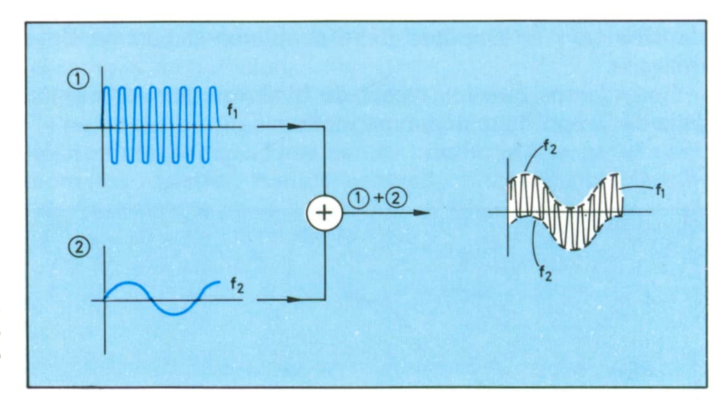


Figura 29. Onda resultante de la suma de una señal polarizada y de la que se va a registrar.

cintas y registradores, actualmente la mayoría de fabricantes adoptan para sus ajustes las cintas IEC (International Electrotechnical Comission) 94 (5.ª parte). Estas cintas son las especificadas como IEC I para las normales, IEC II para cromo, IEC III para ferricromo e IEC IV para metal.

No vamos a entrar en más detalles, por el momento, acerca de las señales de polarización y de sus valores óptimos.

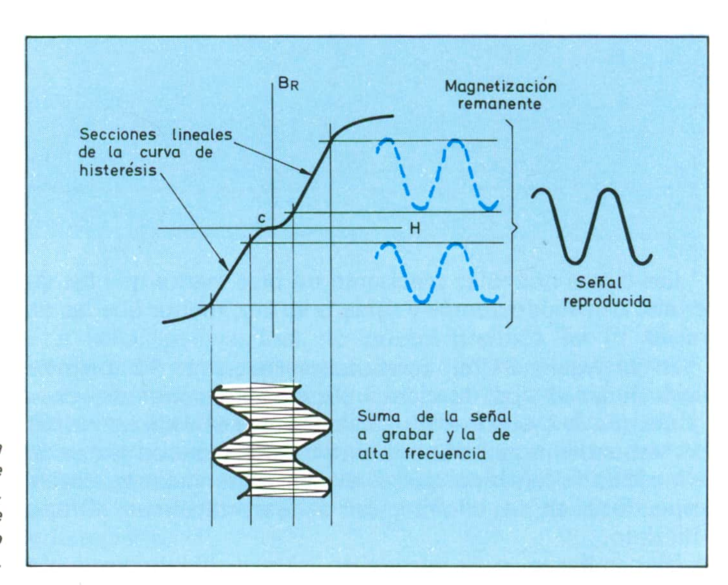
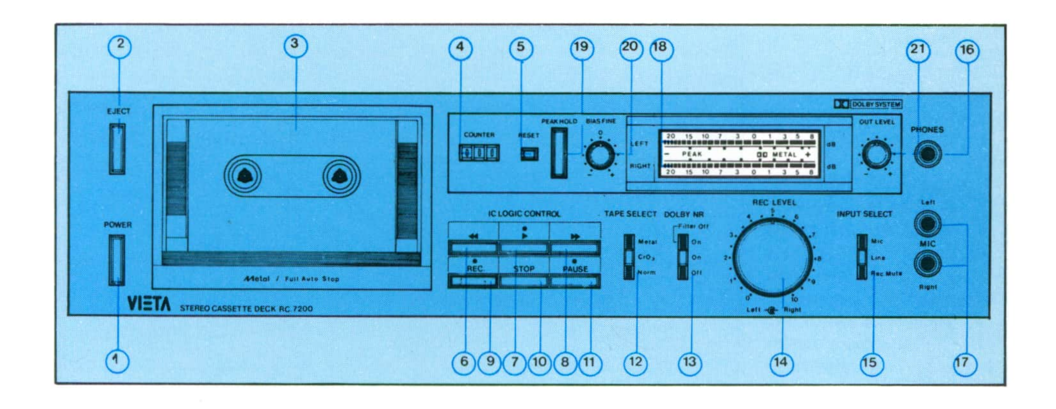


Figura 30. En la zona superior derecha se muestra la señal grabada, registrada fielmente gracias a la polarización o bias efectuado.

Ahora ya conocemos cuanto menos su importante finalidad. Nuestro propósito va a ser ahora reproducir la señal que tenemos impresa en la cinta.



LA REPRODUCCION

Figura 31. *1) Interruptor. 2) Apertura. 3) Ubicación del cassette. 4) Contador. 5) Puesta a cero del contador. 6) Rebobinado. 7) Avance (reproducción), 8) Avance rápido. 9) Grabación. 10) Stop. 11) Pausa. 12) Polarización y ecualización. 13) Reducción de ruido Dolby. 14) Nivel de grabación. 15) Selector de entradas y enmudecedor de línea 16) Toma auriculares. 17) Entrada micrófonos. 18) Nivel de grabación-reproducción. 19) Memorizador de picos. 20) Control fino polarización. 21) Control nivel salida.*

Disponemos ya de nuestra grabación y queremos leer la información. Para ello utilizaremos una cabeza de reproducción (que en la mayoría de los magnetocassettes de calidad media, es la misma que la de grabación). Haremos desfilar la cinta frente al cabezal en idéntico sentido al de la grabación.

En la figura 25 observamos la presencia de zonas imantadas. Estas generan campos magnéticos más o menos intensos, que abarcan zonas de acción función de las longitudes de onda en cinta (figura 27). Si situamos en la zona de influencia de este campo un circuito magnético que transforme la información presente en señales eléctricas, podremos posteriormente corregirlas, amplificarlas y enviarlas a nuestro centro de amplificación para ser procesadas y escuchadas a través de los altavoces.

Coloquemos pues el cabezal de reproducción frente a la cinta. El circuito magnético de la cabeza está, como sabemos, interrumpido por un entrehierro recubierto de un material diamagnético. Las líneas de campo que emergen de la cinta atraviesan el circuito magnético y se cierran ahora a través de él (figura 32). El desfilar de la cinta frente al

cabezal produce una constante variación del campo magnético que lo atraviesa.

Esta variación es función de la infomación presente en la cinta. La continua variación del flujo frente al cabezal induce en el devanado del núcleo una corriente eléctrica proporcional, que es posteriormente corregida y amplificada. Este fenómeno se conoce con el nombre de *inducción electromagnética.*

Al igual que nos ocurrió en el proceso de registro cuando tuvimos que introducir el bías, en la reproducción deberemos considerar otros factores que nos permitan restituir fielmente la señal.

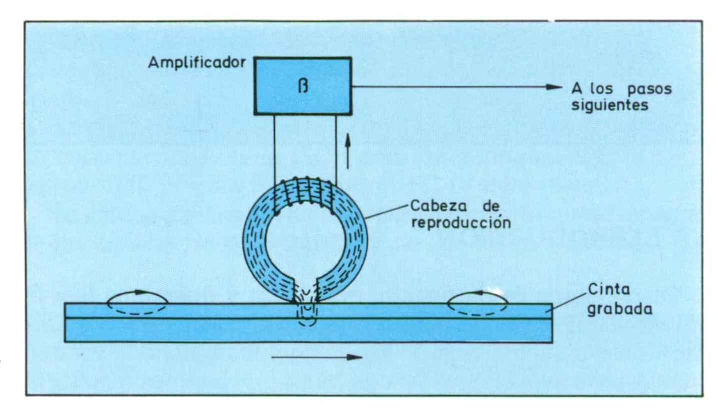


Figura 32. Esquematización del proceso de reproducción.

Supongamos que hemos realizado una grabación en la que hemos registrado la banda audible, aumentando linealmente y sin interrupción la frecuencia desde 20 Hz hasta 20 kHz. Asumamos asimismo que la corriente de grabación ha sido constante para cada frecuencia. Entonces cabría esperar que en la reproducción obtuviéramos las mismas amplitudes en toda la banda y que el gráfico que nos mostrara la relación entre la amplitud y la frecuencia fuera una recta. Sin embargo, observamos que el nivel de salida aumenta linealmente al aumentar la frecuencia, hasta que se llega a un punto en el que este incremento se debilita y la señal cae progresivamente. La curva que relaciona el nivel de salida en función de la frecuencia se muestra en la figura 33, de la página siguiente.

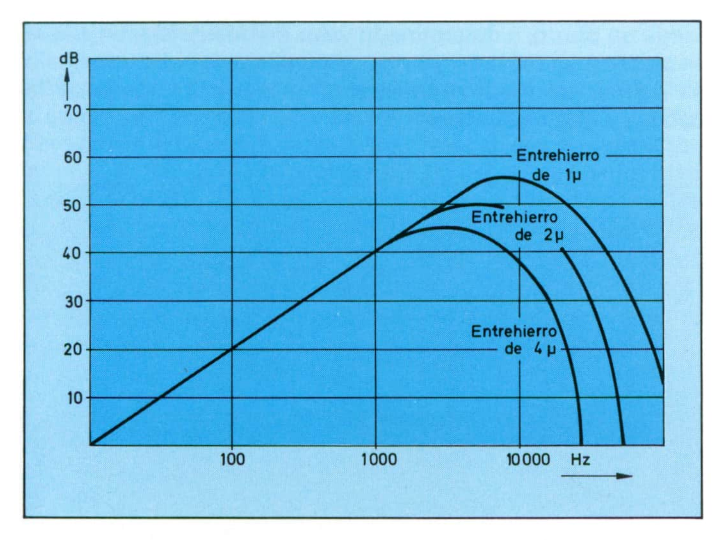


Figura 33. Curvas que relacionan el nivel de salida del cabezal de reproducción en función de la frecuencia. Obsérvese que cuando el ancho del entrehierro es menor mejora la respuesta.

Analizando el gráfico vemos que existe una primera zona linealmente creciente con la frecuencia. Esto se debe a que el bobinado de la cabeza presenta una autoinducción y su impedancia aumenta proporcionalmente con la frecuencia.



Todas las firmas comerciales pretenden introducir las últimas innovaciones en los métodos de reproducción y control sonoro al tiempo que aumentan los indicadores de tipo digital y los mandos tipo «touch control». (Cortesía: Technics).

Llega un punto, a determinado valor de frecuencia, en el que se alcanza un máximo y luego el nivel cae rápidamente; ello es debido de modo fundamental a las limitaciones de la cabeza a alta frecuencia.

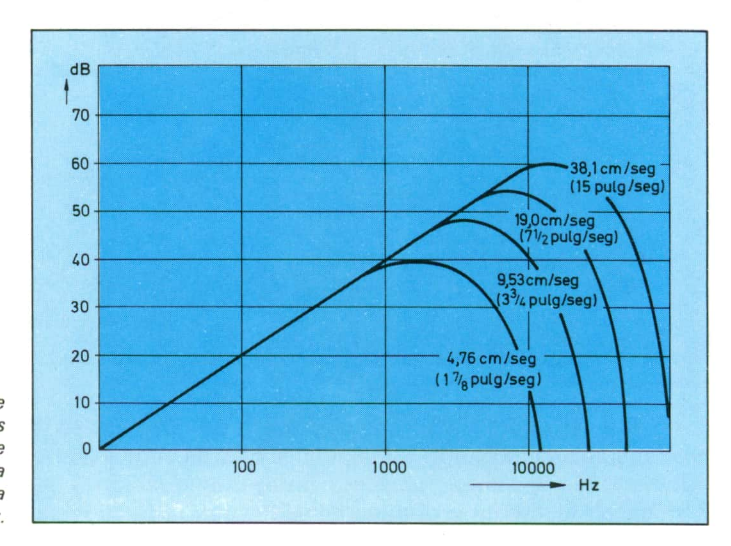


Figura 35. Respuesta de frecuencia para diferentes velocidades de cinta. Se observa una respuesta más elevada a una velocidad mayor.

La anchura del entrehierro, las pérdidas en la cabeza, la desmagnetización propia, las pérdidas de penetración, etc. son algunos factores que influyen en la limitación de la respuesta a alta frecuencia. La anchura del entrehierro es, sin embargo, el factor más determinante de estas pérdidas. Conocidas pues las limitaciones con las que nos encontramos, vamos a realizar un amplificador de cabezal que no amplifique linealmente todas las frecuencias (amplificador ecualizado). Haremos que su ganancia sea mayor a frecuencias bajas y altas, de modo que la curva de amplificación en función de la frecuencia tenga una forma totalmente simétrica a la correspondiente a los valores que lee el cabezal.

El resultado será una señal de salida prácticamente recta, de igual nivel para cada frecuencia. Lo que acabamos de realizar es una ecualización de la señal procedente del cabezal de reproducción con objeto de disponer de una respuesta plana a todas las frecuencias.

LA ECUALIZACION

Vamos a realizar nuevamente la prueba anterior de grabar a corriente constante una secuencia de la banda audible. Pero ahora lo haremos a diferentes velocidades de desplazamiento de la cinta. Al reproducir la señal a la velocidad correspondiente a cada ensayo podremos construir las curvas de nivel de salida en función de la frecuencia. En la figura 35 se observa que las señales grabadas a mayor velocidad de desplazamiento poseen una zona lineal mayor, mientras que las grabadas a una velocidad de 4.76 cm/s (cassette) son las que presentan más pobres resultados.



Reproductor de cassette con indicadores de nivel de pico en cada salida. La mayor parte de funciones se seleccionan mediante mandos del tipo «touch control». (Cortesía: Aiwa).

No nos limitemos a este ensayo y hagamos la prueba anterior a una velocidad constante, pero variando la anchura del entrehierro del cabezal de reproducción. El resultado que obtendremos no deberá sorprendernos, en la figura 33 se

observa. A menor anchura del entrehierro más larga es la zona lineal y mejor la respuesta.

No acaban aquí las consideraciones. Situémonos en el caso anterior en el que efectuábamos la grabación a corriente constante. Con un medidor de flujo magnético vamos a medir las líneas de campo magnético que sobresalen de la cinta que se ha grabado anteriormente. Sabemos que estas líneas son las que durante la reproducción deberán cerrarse por el circuito magnético del cabezal. Lamentablemente, el número de líneas presente en la superficie de las cintas no es el mismo para las bajas frecuencias que para las altas. El fenómeno se explica recordando que las líneas de campo parecen salir del polo Norte del imán y cerrarse por su

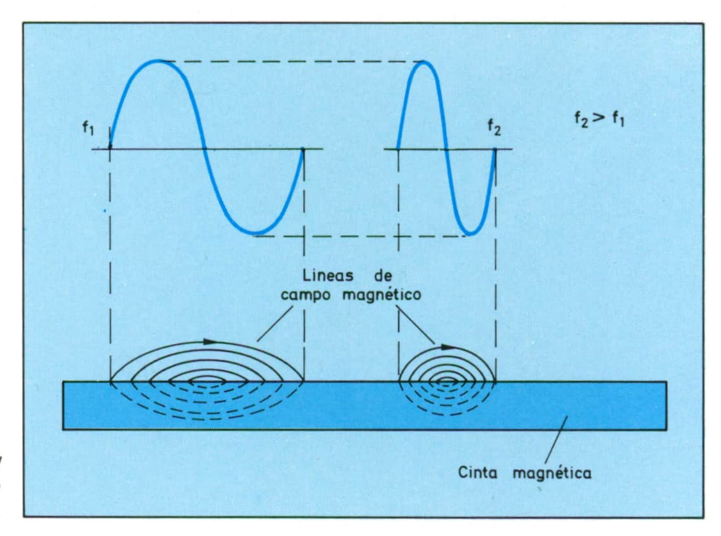
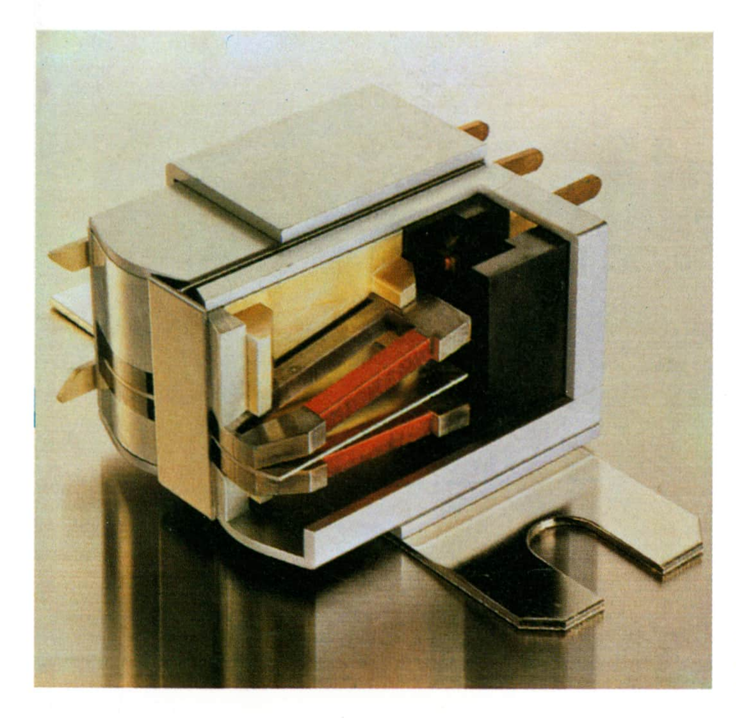


Figura 37. Variaciones del flujo en la superficie en función de la frecuencia.

polo Sur y que el recorrido de estas líneas será mayor cuanto más separados estén los polos. Cuando la frecuencia es elevada y la velocidad de desplazamiento de la cinta es baja, los polos están muy próximos y el recorrido de las líneas es muy pequeño. De hecho, muchas de ellas se cierran en el interior de la propia cinta, quedando en la superficie una menor densidad si las comparamos con las presentes en una zona que tenga grabada una frecuencia baja. Este efecto,

conocido como autodesmagetización, se visualiza en la figura 37. Si ahora representamos en la figura 39 la curva de flujo en función de la frecuencia vemos que éste disminuye al aumentar la frecuencia, tal y como esperábamos.



Cabezales independientes de grabación-reproducción montados en un mismo chasis.

Fijadas entonces la velocidad de desplazamiento, la anchura del entrehierro de nuestro cabezal, y conocidas las pérdidas por desmagnetización, obtendremos una curva de respuesta determinada. Si ahora ecualizamos esta respuesta, esto es, amplificamos en la proporción inversa a la curva obtenida, lograremos una salida plana. Sin embargo, y debido a que forzosamente hemos de realizar esta ecualización, analicemos el proceso más detenidamente. El amplificador ecualizador deberá tener un factor de amplificación muy elevado a bajas frecuencias. Esto puede crearnos

problemas de zumbido. No olvidemos que la frecuencia de la red es de 50 Hz y que el transformador que incluirá el cassette es un circuito que genera unas líneas de campo magnético, susceptibles algunas de ellas de incidir en la zona donde se encuentra el amplificador de cabezal. Dado que la frecuencia de variación de este campo es en este caso baja, las posibilidades de que se induzcan zumbidos son mucho mayores.

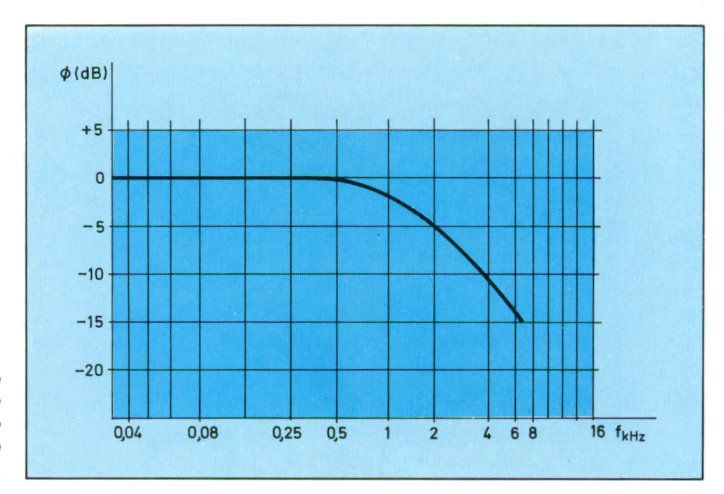
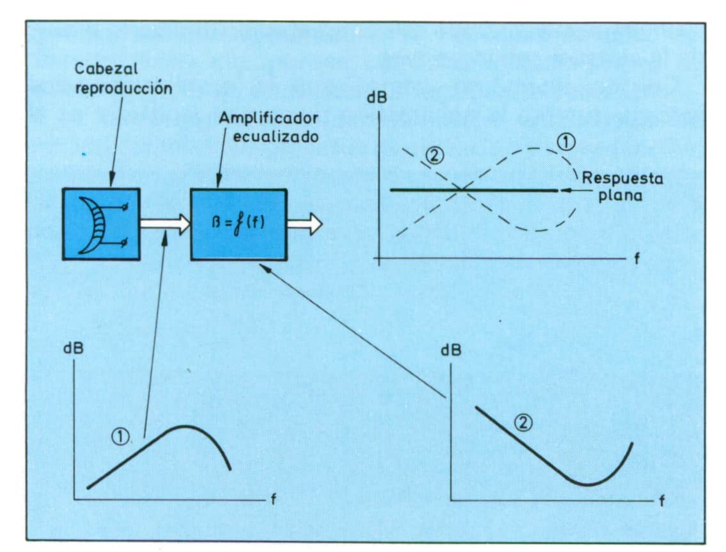


Figura 30. Curva del flujo en función de la frecuencia cuando se ha realizado una grabación a corriente constante.

En las pruebas de reproducción que hemos venido realizando hemos asumido que el registro de la señal en la cinta había sido realizado a corriente constante. Si, por el contrario, hubiéramos preacentuado las bajas frecuencias durante la grabación, no nos veríamos obligados a amplificar tanto durante la reproducción y disminuiríamos en consecuencia el riesgo de captación de zumbido.

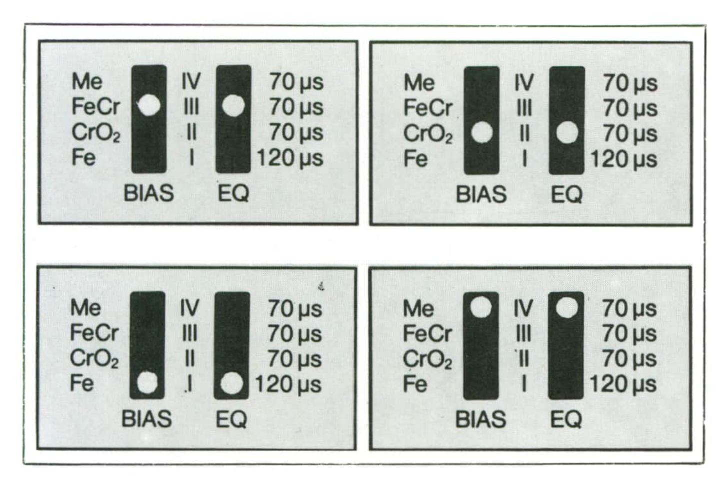
Hemos visto que, al objeto de evitar amplificar excesivamente las bajas frecuencias, podemos elevarlas durante el registro y reducir la amplificación de las mismas durante la reproducción.

Esto permite mejorar la relación señal/ruido. Ahora vamos a elevar durante el registro las frecuencias altas, con el objeto de evitar en lo posible el efecto de desmagnetización que hemos analizado.



Esquematización del proceso de ecualización en la reproducción.

No podemos hacerlo en exceso para evitar la saturación magnética y tampoco podemos renunciar a ello, ya que si aumentáramos la amplificación sólo en la reproducción



Posición de los mandos de ecualización y bias según el tipo de cinta que se utilice.

estaríamos aumentando asimismo el ruido intrínseco propio de la cinta: el soplido o *hiss.*

Consecuentemente, vemos que la ecualización está presente junto a la polarización durante el registro y en el

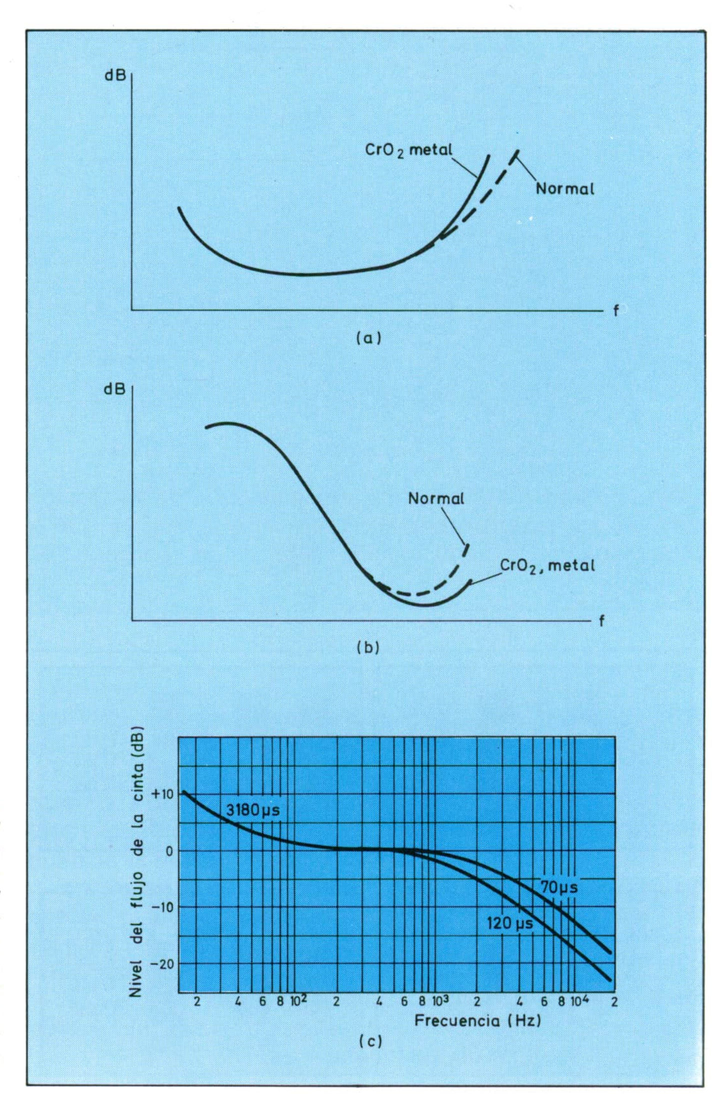


Figura 42. a) Curva de respuesta típica del amplificador ecualizador de grabación. b) Curva de respuesta típica del amplificador ecualizador de reproducción. c) Curva de los flujos de cinta normalizados: 3.180 µs + 120 µs para cintas normales y 3.180 µs + 70 µs para cintas CrO_2 y metal.

posterior proceso de reproducción. Por este motivo, en los cassette decks que poseen controles independientes de ecualización y bías, éstos deben seleccionarse correctamente en función de la cinta utilizada. Dicho esto y habiendo logrado optimizar los procesos de grabación y reproducción, vamos a especificar gráficamente estas correcciones efectuadas. En la figura 42 se muestran las curvas típicas del amplificador ecualizador de grabación, las del amplificador ecualizador de reproducción y la del flujo de cinta normalizado y adoptado mundialmente como estándar.



EL BORRADO DE LA CINTA

Uno de los más logrados diseños de Teac, el V-95 RX, con posibilidad de programar su funcionamiento mediante un computador incorporado. Tiene cuatro canales Rec/Play, dos cabezales móviles, circuito de repetición automática, sistema detector por infrarrojos, mandos «touch control» y reducción de ruido por el sistema Dolby B.

En una cinta virgen totalmente desmagnetizada el flujo resultante de las contribuciones individuales de cada partícula es nulo. Por el contrario, en la que posee un registro las partículas están magnetizadas y en la superficie de la misma existe un flujo magnético que varía en la misma proporción al pasaje registrado. Si grabáramos de nuevo esta cinta sin borrarla previamente, mezclaríamos las informaciones. La cabeza de borrado realiza ésta misión previa a todo registro: borrar la cinta inmediatamente antes de que desfile frente al cabezal de grabación.

Del oscilador que genera la señal de bías se toma una

fracción que se envía a la cabeza de borrado. La amplitud de esta señal varía según el tipo de cinta a borrar y es menor para las cintas normales que para las de cromo. La de éstas, a su vez, es inferior a la que precisan las de metal. Estas diferencias de amplitud se deben a que el campo magnético, presente en el entrehierro de la cabeza de borrado, ha de ser suficientemente fuerte como para saturar totalmente la cinta, y recordemos que los niveles de saturación magnética dependen del tipo de material que utiliza la cinta. El desfilar de ésta frente al campo magnético uniforme de variación armónica, presente en el entrehierro, hace que cuando se aleja del cabezal «vea» un campo magnético que se debilita. Para todos los efectos es como si enviáramos un impulso de elevada frecuencia que se amortigua exponencialmente. Este efecto borra la cinta.

CONSIDERACIONES ERGONOMICAS, CARACTERISTICAS Y PRESTACIONES

A menudo, la apariencia exterior suele ser el factor determinante en la elección de un cassette-deck, y, naturalmente, existen otras poderosas razones para elegirlo. Evidentemente deberemos pagar todas las prestaciones que se nos ofrezcan y solamente existen algunas esenciales: una buena electrónica y un correcto mecanismo; indicadores de nivel que permitan efectuar un óptimo registro; un sistema eficaz de reducción de ruido. Controles del nivel de la señal independientes y mecanismos de paro automático son igualmente importantes.

Extendiéndonos en el campo de la grabación hay que apuntar la conveniencia de disponer de conectores para micrófonos que permitan realizar grabaciones independientes para cada canal (figura 31). Algunos cassette-decks poseen un amplificador para auriculares que favorece la monitorización de la grabación (figura 31). El nivel de salida de los auriculares puede ser controlado en algunos de ellos mediante un mando de volumen (figura 31).

La tendencia actual en la configuración de los decks se inclina a la carga frontal de la cinta. Esta posición vertical de la misma es más utilizada que la horizontal, dado que permite fácilmente el apilamiento de los componentes de la

cadena de alta fidelidad. Observamos también que se presentan una gran variedad de indicadores de nivel, y sus configuraciones, características y versatilidad cubren asimismo una buena gama de formatos y posibilidades. Algunos aparatos incluyen además de la posibilidad de medición de



Reproductor estéreo de cassettes que presenta la novedad de incorporar espectrómetros para indicar el nivel de salida en cada uno de los canales, el color refleja el valor de la señal que se envía a cada una de las salidas del equipo. (Cortesía: Teac).

unidades de volumen (VU), la de picos (figura 31 n.º 19). Otros permiten ajustar al usuario la posición de los cabezales para asegurar su correcto alineado con la cinta. Un potenciómetro de ajuste fino del bías está asimismo presente en algunos aparatos (figura 31 n.º 20) y permite variar la polarización de la cinta, elegida de entre la gran variedad de

las existentes, y adaptar la polarización a los márgenes de trabajo óptimos.

Algunos sistemas utilizan palancas para accionar los mecanismos de control de movimiento de la cinta o disponen de mecanismos más automatizados controlados por teclas de pulsación suave. Otros, totalmente automáticos, son electrónicamente controlados por sistemas digitales y la situación de los mandos de accionamiento puede ser ubicada en la zona ergonómicamente idónea (figura 31 n.os 6 a 11).

Los hay dotados de memoria de posición de la cinta y sistemas de búsqueda rápida de programas musicales. Otros alinean automáticamente sus cabezales y corrigen el ángulo de azimuth. Asimismo, encontramos aquellos que ajustan automáticamente la ecualización y polarización de la cinta. Esta labor es normalmente realizada por un microcomputador. Mencionemos los que disponen de un sistema de *stand-by* que sitúa al aparato en el modo de grabación o reproducción en el momento de su puesta en marcha. Podemos adquirir también los que poseen *auto-reverse,* que permiten escuchar ambas caras de la cinta sin tener que girarla, cambiando el sentido de marcha automáticamente. Disponemos de los que poseen *repeat*, que repiten los programas que queramos las veces que deseemos; los que saltan de una canción a otra *skip;* los que disponen de *automatic scan*, que ofrece los primeros 5 segundos de cada registro informándonos del contenido de toda la cinta.

Algunos fabricantes presentan sistemas interactivos que informan visualmente (comunican), mediante grafismos e indicadores, del estado de trabajo de la platina cassette (figura 31 n.os 7 y 9). En los magnetocassettes se observan conceptos de diseño exterior que normalmente reflejan la personalidad de la marca. Sin embargo, existen tendencias y modas que orientan el diseño; ello hace que los modelos de una misma generación se parezcan entre sí.

Aquellas prestaciones que no suelen ser usuales en otros aparatos o que siéndolo están concebidas como mejoras, suelen ser explícitamente serigrafiadas en la carátula frontal y a veces van acompañadas de grafismos que las definen.

La carrera por la innovación y mejora de prestaciones, características y funcionalidad, va acompañada paralelamente al aspecto mecánico y electrónico por otra en el diseño estético: mandos de tacto agradable que «transmi-

ten» precisión; grafismos con diferentes colores que hacen énfasis en los controles; distribución de los mismos por bloques y zonas; indicadores luminosos que visualizan los procesos y estados del sistema; medidas exteriores planas y formatos frontales tendentes a recordar a los paneles de control de instrumentos de laboratorio; sistemas mecánicos que permiten la apertura de la ventana de alimentación de la cinta a velocidades distintas, mostrando una sensación de gran precisión. Todo ello representa un impacto visual que complementa la audición y que, a veces, condiciona la elección de un cassette-deck.

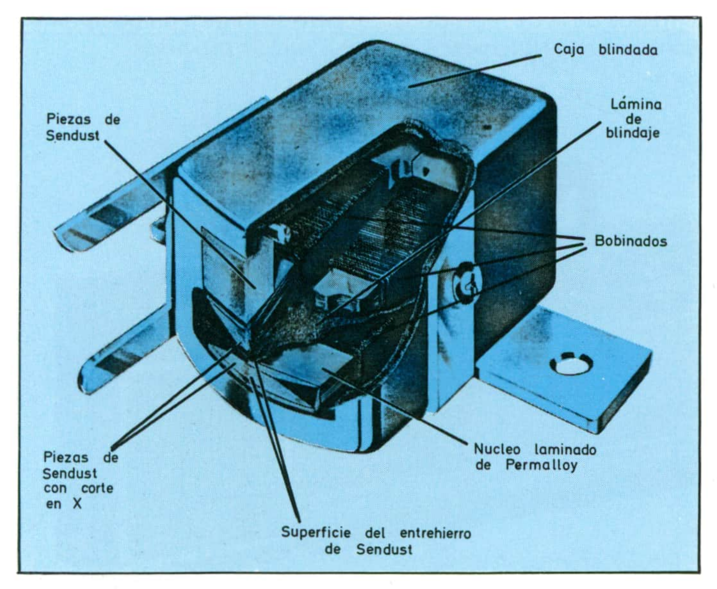


Figura 45. Cabeza combinada de grabación-reproducción de elevada tecnología.

LOS CABEZALES

La mayoría de los cassette-decks incorporan dos cabezales: uno para el borrado y otro combinado para grabar y reproducir. Existen equipos de precio superior que presentan tres cabezas, separando las de grabación y reproducción. Esto permite monitorizar la grabación inmediatamente

después de ser registrada la cinta (mientras un cabezal graba, el otro simultáneamente reproduce lo que se está registrando). Ello nos ofrece la posibilidad de ajustar muy fácilmente los niveles, polarizaciones y ecualizaciones, haciendo el sistema totalmente interactivo. En los sistemas de tres cabezas puede optimizarse la configuración de las de grabación y reproducción, diseñándolas específicamente para la función que deben realizar. En los equipos de cabeza combinada, ésta debe diseñarse con el compromiso que representa su doble uso. Mientras para la cabeza de grabación el entrehierro debe ser ancho, en la de reproducción se obtienen mejores resultados con reducidas medidas de entrehierro. En las cabezas combinadas prevalecen los criterios de la de reproducción, pero se llega a un compromiso que no desfavorezca ninguno de los procesos.

Un equipo portátil también puede incorporar una sección que permita reproducir cassettes con un gran nivel de calidad. Este modelo de Sharp cuenta incluso con un ecualizador gráfico para compensar la respuesta en frecuencia.



Como nota adicional, digamos que el entrehierro de los cabezales debe ser perfectamente perpendicular a la cinta, y el ángulo de azimuth (término arábigo usado en astronomía y geodesia), que expresa el valor en grados, minutos y segundos entre el entrehierro y la cinta, debe ser 0. Un ángulo de 0° y 12′ provoca una caída de 3 dB a una

frecuencia de 10 kHz. De ahí la importancia de este correcto alineado.

Las cabezas deben tener una gran resistencia a la abrasión y han de estar fabricadas con materiales de elevada dureza. Asimismo, tienen que comportarse correctamente frente a los diversos tipos de cintas que, como sabemos, poseen diferentes valores de coercitividad y densidad de flujo. Una incorrecta elección de los cabezales redundará en un pobre procesado de la cinta. La geometría de la parte frontal debe estar cuidadosamente estudiada para evitar problemas de distorsión a determinadas frecuencias.

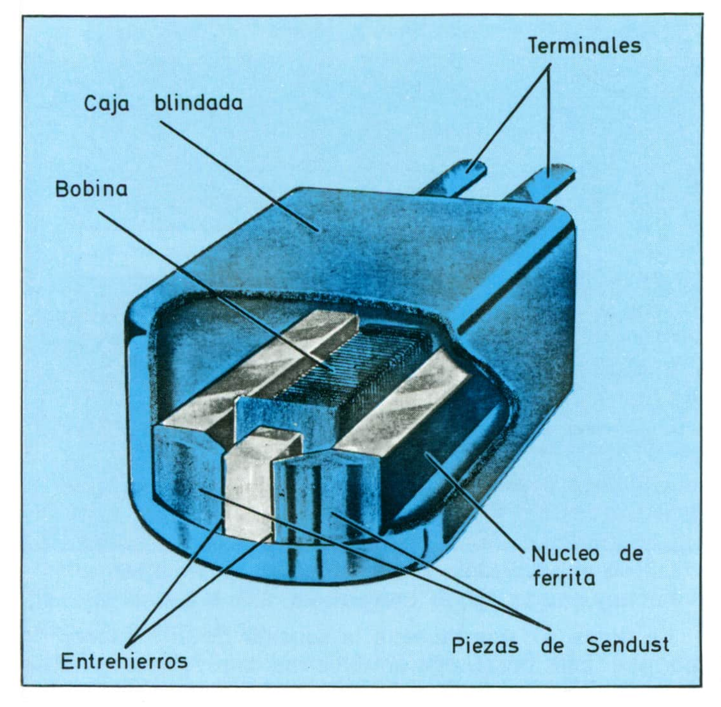


Figura 47. Sección de una cabeza de borrado.

En la figura 45 se muestran dos tipos de cabeza magnética estereofónica combinada. Sobre un núcleo laminado de material paramagnético (por ejemplo Super-

hard Permalloy (16 % Fe, 78 % Ni, 3 % Ti, 3 % Nb) se bobina un hilo conductor formando un solenoide. La parte frontal del núcleo está interrumpida por un entrehierro y la zona de contacto con la cinta se recubre de un material extremadamente duro (por ejemplo Sendust (85 % Fe, 9,6 % Si, 5,4 % Al). Observamos en la parte posterior del núcleo un segundo entrehierro, su misión es la de optimizar la respuesta del cabezal cuando aparecen variaciones de contacto de la cinta con el mismo. La zona correspondiente al canal izquierdo (parte superior) está separada de la inferior (derecha) por una lámina que efectúa un blindaje magnético entre ellos. Toda la cabeza está protegida por un blindaje que hace las veces de caja rígida.

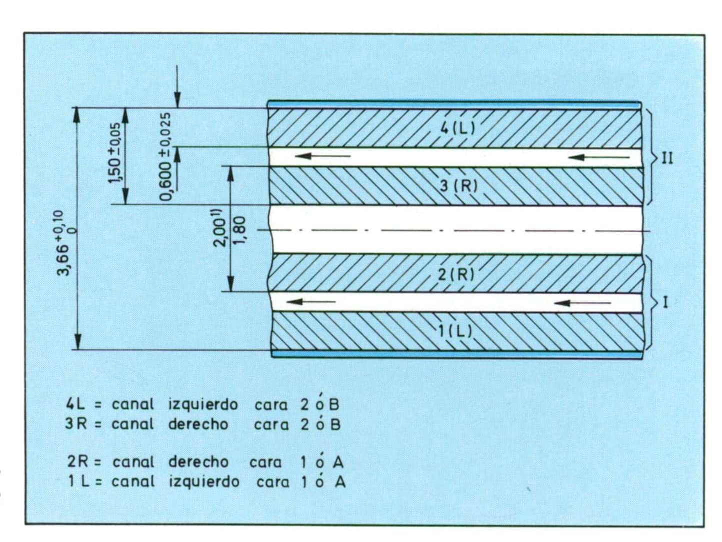


Figura 48. Distribución de las pistas en una cinta cassette.

La figura 47 nos muestra la sección de una cabeza de borrado. Esta posee dos entrehierros relativamente anchos para facilitar la penetración del campo alterno en toda la profundidad del material magnético de la cinta. Se utiliza un núcleo de ferrita (50 a 60 % Fe_2O_3, 20 a 30 % NnO, 15 a 30 % MnO) para formar el solenoide, ya que ésta posee un elevado valor de saturación magnética. En la zona frontal se observa el material de protección igualmente de Sendust. El

conjunto está robustamente protegido por una caja que hace las veces de blindaje magnético. El cabezal de un cassette deck graba y reproduce la información en unas zonas de la cinta que se denominan pistas. Normalmente su número es de cuatro, y se distribuyen típicamente en la misma de la forma en que se ilustra en la figura 48.



Un sofisticado reproductor de cassettes capaz de efectuar el control de sus funciones mediante microprocesador. (Cortesía: Nakamichi).

Nuestro propósito no es el de profundizar más sobre los cabezales, ahora que ya conocemos su funcionamiento básico y su configuración física.

CONSIDERACIONES MECANICAS

Si quisiéramos hacer un modelo magnético de una pieza musical, haciendo deslizar la cinta a través del cabezal de grabación, y posteriormente «reconstruir» la música en otra fecha posterior, es evidente que la cinta debería deslizarse exactamente a la misma velocidad, lo cual es una imposibilidad de la ingeniería.

En la práctica sucede que existen pequeñas variaciones que distorsionan ligeramente la señal. Estas son conocidas como *wow* (lloro), *flutter* (trémolo) y *drift* (deriva).

La reproducción de una nota elemental puede sufrir entonces un cambio de tesitura que, si al ser detectada es de larga duración, se conoce como *drift*, si es corto como *wow* y si posee variaciones como *flutter*.

La situación empeora cuando la señal musical se vuelve más compleja, aunque ello no signifique que sea más detectable auditivamente.

El mecanismo de cassette tiene que cumplir una labor extremadamente compleja: debe hacer pasar la cinta a través de los cabezales sin variaciones de velocidad ni vibraciones, mientras ésta está sometida a varias fuerzas de fricción; los dos arrollamientos de la cinta deben estar correctamente tensados, principalmente al principio y final de la cinta, cuando los carretes poseen diferentes diámetros.

Otras consideraciones que deben tenerse asimismo presentes se refieren a la velocidad del avance rápido y rebobinado, ésta debe ser razonablemente veloz, las aceleraciones y cambios bruscos del sentido de avance deben ser correctamente controlados para evitar fatiga en la cinta. Naturalmente, el mantenimiento de los estándares, con el uso y la degradación de las pequeñas tolerancias iniciales, son otros de los factores que deben estar cuantificados y han de presentar una estabilidad en el tiempo.

El mecanismo

Hemos visto que los mecanismos están sujetos a variaciones de velocidad y a cambios instantáneos de la misma. El drift es un fenómeno más directamente relacionado con el control electrónico del motor y su comportamiento estable en condiciones de humedad y temperatura variables. Los efectos de *wow* y *flutter* son debidos más directamente a vibraciones y fenómenos de resonancia mecánica, que provocan cambios de tensión y desplazamientos irregulares de la cinta.

Para optimizar el arrastre de la cinta y estabilizar su velocidad, se utiliza un sistema de transporte formado básicamente por la estructura que se muestra en la figura 50*a*. El cabrestante (*capstan*) es el verdadero corazón del mecanismo. El cabrestante va físicamente unido a un tambor de inercia de extremada precisión (figura 50*b*) que gira a una velocidad constante gracias a un motor controlado electrónicamente. El motor transmite el movimiento al cabrestante a través de una correa de transmisión, que está confeccionada con un material de gran estabilidad, calibrado y libre de irregularidades.

El capstan transmite un movimiento uniforme de 4.76 cm/s a la cinta. Para ello se colocan físicamente en contacto éste, la cinta y el denominado rodillo presor (*pinch roller*) (figura 50*c*). El rodillo presor comprime a una presión determinada la cinta contra el capstan y ésta se ve forzada a moverse a la velocidad que le transmite.

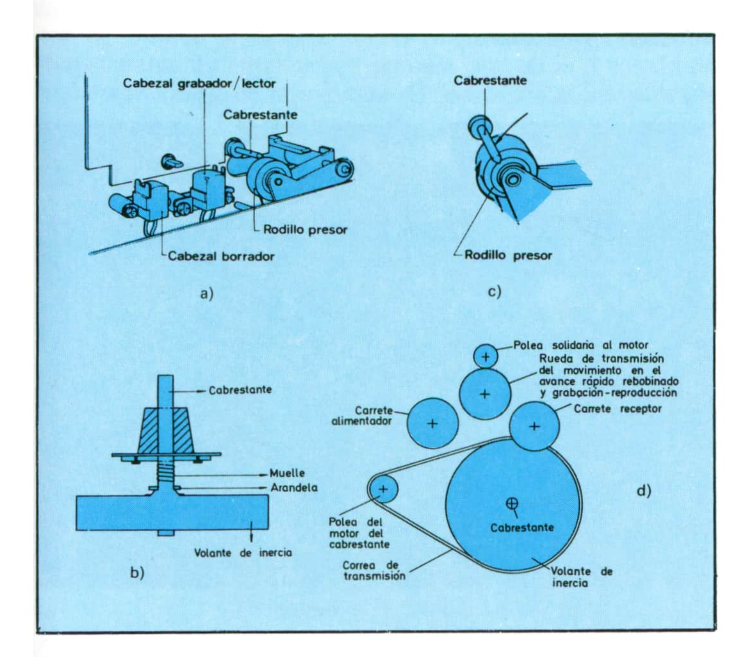


Figura 50. a) Detalle de la zona del mecanismo en contacto con la cinta. b) Detalle del conjunto formado por el cabrestante y el volante de inercia. c) Arrastre de la cinta por el conducto cabrestante-rodillo prensor. d) Diagrama esquemático del mecanismo de doble capstan y tres motores, concebido para leer la cinta sin necesidad de girarla (auto-reverse).

La cinta es bobinada por el carrete receptor a través de un mecanismo asociado a un embrague, que transmite el movimiento rotativo al carrete. Asimismo, el carrete alimentador (*supply reel disc*) se mantiene a un cierto rozamiento para asegurar la tensión de la cinta y evitar bucles de la misma.

Algunos mecanismos poseen dos capstan que se sitúan a ambos lados de las cabezas y se utilizan para asegurar una tensión uniforme en la zona de la cinta que desfila frente a

éstos o para permitir el sistema de auto-reverse (figura 50*d*). Otros sistemas poseen dos o tres motores, uno para el movimiento del capstan, otro/s para los carretes.

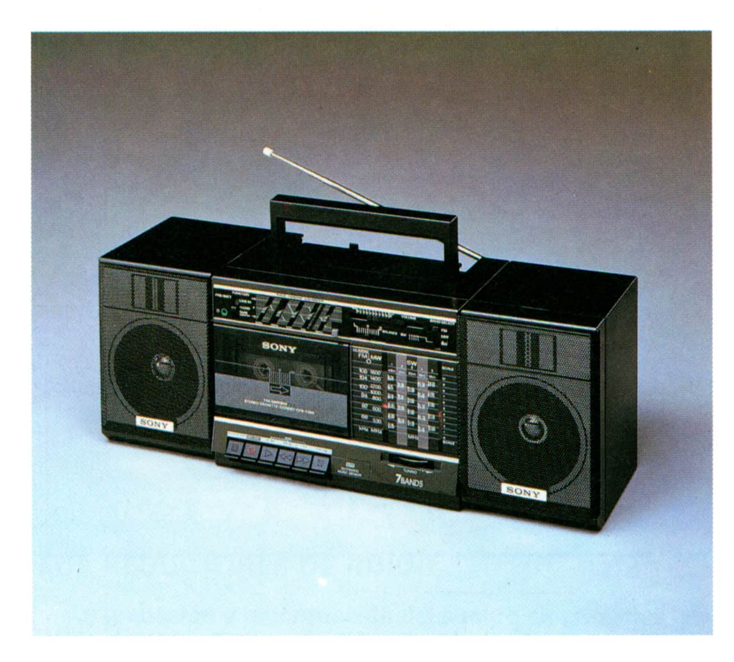
Las palancas de accionamiento del mecanismo pueden ser manual o automáticamente activadas, tal y como se comentó en el apartado correspondiente a consideraciones ergonómicas, características y prestaciones. En la figura 50 se muestra un mecanismo manual actuando sobre una cinta especialmente seccionada para visualizar la ubicación de los cabezales y capstan.



Departamento de control de calidad en el que se realizan test de envejecimiento de los reproductores de cassettes. Obsérvese los sistemas automáticos de accionamiento del mecanismo.

Seguidamente relacionaremos los mandos de control que suele incorporar un mecanismo de cassette. El botón de avance (*play*) coloca el magnetocassette en el modo de reproducción, avanza los cabezales hacia la cinta, y hace actuar el sistema cabrestante-cinta-pinch roller. Ello, como sabemos, transmite un movimiento de 4,76 cm/s a la misma; paralelamente, el carrete receptor gira en el sentido de arrollar la cinta con un par aproximado de 40 gr/cm. El botón de rebobinado (*rewind*), separa los cabezales de la cinta y le transmite el movimiento a través del carrete de alimentación; el par de arrastre del tambor se sitúa sobre los 70 gr/cm y el tiempo de rebobinado es del orden de 90s para una cinta

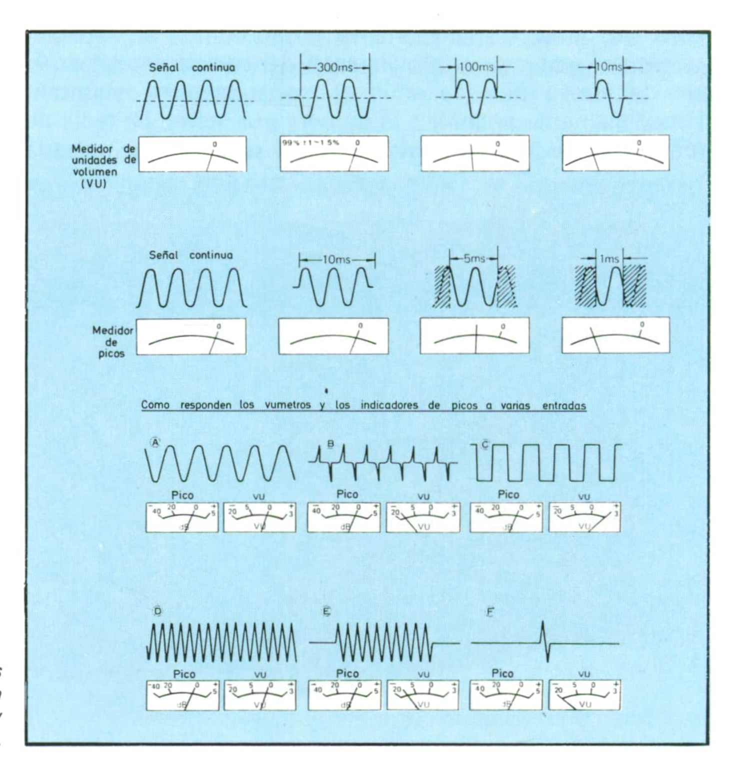
C60. El botón de avance rápido (*fast forward*), realiza idénticas operaciones a las de rebobinado, con la diferencia del sentido de movimiento, que es el de arrollar rápidamente la cinta sobre el carrete receptor. El botón de pausa (*pause*), sitúa el mecanismo en el modo de espera, esta tecla sólo actúa cuando el mecanismo está en el modo play o *rec*, entonces separa los cabezales de la cinta y el pinch roller para que éste no presione la cinta contra el capstan; asimismo, embraga el movimiento del carrete receptor. Al ser de nuevo pulsada sitúa el mecanismo en el modo inmediatamente anterior a la primera pulsación. La tecla de grabación (*rec*), en la mayoría de los casos al ser pulsada



Radio cassette estereofónico portátil. Se trata de un equipo de amplias prestaciones y de pequeño tamaño. (Cortesía: Sony).

junto a la de play coloca a la platina cassette en el modo de grabación, con idénticas posiciones de los rodillos, capstan, pinch roller y cabezales que en el caso de play. El botón de paro *(stop)*, restituye el mecanismo a las condiciones iniciales de reposo; el capstan y el tambor de inercia a él asociado siguen girando a la velocidad de régimen. El botón

de apertura (*eject*), suele ser un pulsador que actúa sobre el mecanismo de apertura de la ventana de alimentación; normalmente, el movimiento de la ventana es de rototraslación y suele estar amortiguado por un sistema de fricción que evita vibraciones.

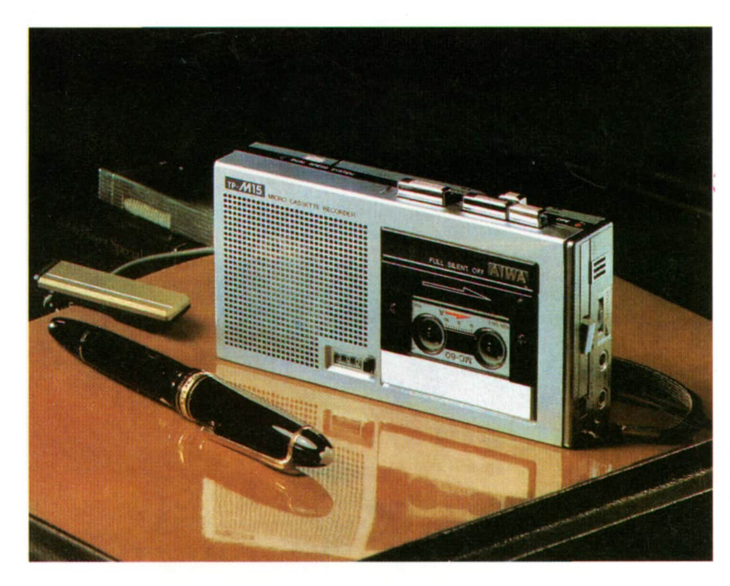


Respuesta de los VU y los medidores de picos a diferentes ondas y duraciones.

En los cassette-decks dotados de music research (búsqueda de pasajes musicales), al presionar simultáneamente los pulsadores play y fast forward o play y rewind, el mecanismo se sitúa en el modo de reproducción (play), pero con las siguientes diferencias: se activa un sistema de muting que enmudece la línea de salida, el rodillo presor (*pinch roller*) no ejerce presión sobre el capstan y el movimiento de la cinta es controlado por los carretes; los

cabezales, a su vez, no presionan sobre la cinta y tan sólo la tocan ligeramente, de tal forma que no sufren abrasión ni calentamiento. Al ser detectado un espacio en blanco, el sistema se sitúa automáticamente en el modo de reproducción.

El carrete receptor de la cinta va asociado, a través de una correa de transmisión, a un contador de cinta. Este, a su vez, suele incorporar un circuito detector de movimiento que efectúa el paro automático de la cinta.



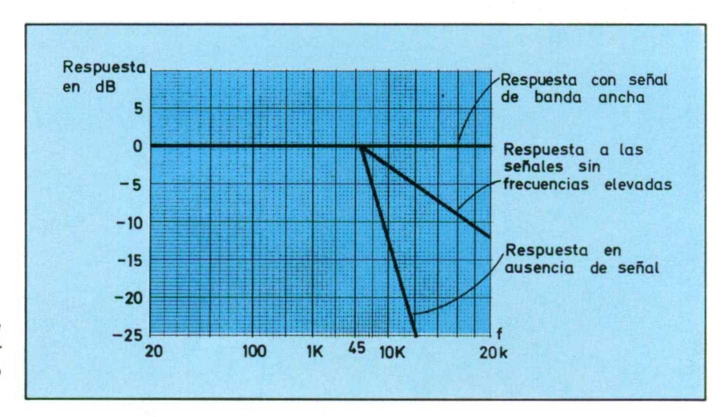
Los cassettes grabadores de pequeño tamaño permiten efectuar labores periodísticas sin que su volúmen sea molesto al reportero.

LOS REDUCTORES DE RUIDO

La grabación y reproducción del sonido en cassettes lleva inherente la adición de ruido al programa musical. Este se introduce a través de las diversas etapas que atraviesa la señal, debiéndose considerar cada una de ellas de forma diferente. La naturaleza del ruido varía según las características del proceso que lo genera.

El «soplido» (*hiss*) es el tipo más característico de ruido que aparece en los magnetófonos. Este fenómeno se hace más patente en aquellos pasajes de reducido nivel de

grabación y se caracteriza por un ruido permanente y desagradable en la zona de los agudos. Su causa es debida al defecto de alineado de las partículas magnéticas elementales, que forman la capa de la cinta, y a variaciones en su densidad y grosor. Recordemos que en el momento de la fabricación las partículas se orientan paralelas a la cinta cuando el aglomerante está aún en forma líquida. La intensidad del soplido es también función del tipo de cinta y de su calidad, por lo que cintas con el mismo material magnético, de distinto precio y fabricante, presentan diferentes valores de soplido.



Respuesta de frecuencia del sistema reproductor de ruido DNL procesando una información.

Existen otros tipos de ruido que se generan por diferentes motivos. Si bien nuestro propósito es el de analizar los reductores de soplido, relacionaremos algunas causas por las que pueden aparecer otros ruidos igualmente indeseables. Habrá ruidos si hay irregularidades en el grosor de la capa magnética; si existen impurezas en su material magnético, si el mecanismo daña a la cinta y causa depresiones y vallas en su superficie, si existen campos magnéticos exteriores que imprimen en la cinta informaciones parásitas (caso de imanes, altavoces, reactancias, transformadores, etc.). En este último caso se recomienda guardar las cintas alejadas de posibles focos contaminantes, o bien en una caja metálica que realice las veces de blindaje magnético. Otro tipo de ruido, debido al fenómeno de copia,

es el efecto de eco que se produce cuando la información está grabada a un elevado nivel capaz de magnetizar las capas adyacentes por proximidad o contacto. Igualmente aparece ruido si el borrado es incompleto o si la cabeza no está limpia (se depositan en el entrehierro partículas magnéticas que debilitan el campo y perjudican el registro y la reproducción). El propio transformador de alimentación puede incidir sobre los circuitos amplificadores y generar un zumbido (*hum*). Asimismo, el mecanismo puede introducir vibraciones y generar un elevado valor de *wow* y *flutter*. Finalmente, aunque en mucha menor proporción, los propios componentes añaden ruido térmico y de corriente.

Como vemos, el ruido se introduce en el programa musical debido a numerosos factores. La creencia de que un cassette



Radio cassette estereofónico de bolsillo Sharp. Su reducido tamaño permite llevarlo en un bolsillo o en una bolsa aparte. Los auriculares permiten la audición independientemente del ruido ambiente.

deck dotado de reductor de ruido los eliminará todos debe desecharse. Cada ruido tiene su propia forma de tratamiento, y una vez eliminados los debidos al mal funcionamiento nos quedará el «soplido» como el más importante.

Dado que al intentar reducir el ruido modificamos la señal en mayor o menor grado, cuanto menor sea la manipulación de la señal original, mejor será el resultado final. De ello se infiere como conclusión un principio seguido por casi todos los reductores de ruido: debe eliminarse el ruido que se percibe, descartando por inútil cualquier acción sobre los ruidos no audibles.

El oído humano posee unas características de sensibilidad a distintos niveles de intensidad sonora que varían con la frecuencia, siendo más sensible a las frecuencias medias-altas cuando el nivel es bajo. En esta zona de frecuencia aludida es donde acusamos más el ruido. A este tipo de ruido lo llamaremos soplido o *hiss*, y vamos a analizar los sistemas de reducción más importantes que incorporan los cassette-decks.

Sistemas de reducción de ruido no complementarios

Estos sistemas consisten básicamente en un filtro dinámico cuya frecuencia de corte, frecuencia a la cual la señal se ha debilitado 3 dB (potencia mitad), está controlada por el nivel de la señal y por su frecuencia. Presentan la ventaja de poder ser utilizados en cualquier aparato, no dependiendo de las características del registro. Sin embargo, suelen producir efectos audibles durante su funcionamiento, y en particular un efecto de modulación especialmente acentuado al reproducir solos de instrumentos y de voz.

La reducción del ruido se produce durante la reproducción. Cuando el sistema detecta que no hay señal en un pasaje determinado de la reproducción hace actuar el filtro dinámico para que atenúe las frecuencias de soplido. En presencia de señal, el filtro se desplaza hacia adelante y el soplido, que entonces no se atenúa, es «enmascarado» por la propia señal y el oído no lo detecta. Ejemplos de éstos sistemas son el DNL (Dynamic Noise Limiter) de Philips, el DNR (Dynamic Noise Reductor) de National Semiconductor y el DNF (Dynamic Noise Filter) de Burwen. Los valores de la relación señal/ruido pueden mejorarse del orden de 6 dB a 6 kHz. La mayor eficacia de los sistemas de reducción de ruido complementarios hace que los hasta ahora relacionados sean actualmente poco utilizados.

Sistemas de reducción de ruido complementarios

Estos sistemas están destinados a reducir el ruido de fondo según el principio de la compresión-expansión del volumen sonoro.

La dinámica obtenida en una ejecución musical es normalmente más elevada que la que se puede obtener por medio de un registrador. Ello se debe a que las partes más débiles del programa musical están inevitablemente acompañadas del soplido y, además, las partes del programa con picos sonoros elevados son deformadas al alcanzarse la saturación magnética de la cinta.

Básicamente, el proceso de reducción de ruido consiste en aumentar durante la grabación la ganancia de amplificación en los pasajes de débil intensidad y reducirla en los más



Akai presenta un reproductor de cintas en bobina, con un diseño estilizado con un mando tipo «touch control» y gobierno mediante un microcomputador.

intensos. De ésta forma se reduce la dinámica del programa musical, que queda comprimido y facilita su registro en la banda. Durante la reproducción se realiza el proceso complementario, con lo que se restablece la dinámica original. Esta expansión de la dinámica que se realiza durante la reproducción para restituir la señal a su forma

original, obliga a atenuar las señales de débil intensidad que se leen de la cinta y que anteriormente, durante la grabación, habíamos amplificado en la misma proporción. Esta reducción afecta también al ruido que se ve indefectiblemente reducido al tratársele como una señal más del registro.

Sistemas de reducción de ruido DOLBY

En 1968, los laboratorios Dolby introdujeron el sistema de reducción de ruido Dolby B. Se trata de un sistema de reducción de ruido complementario que utiliza el método de la compresión-expansión. La mejora aportada por este sistema motivó la adopción del mismo por la mayoría de fabricantes de cassette-decks, de forma que ya en 1975 la práctica totalidad de platinas de razonable calidad lo incorporaban. Influyó asimismo en la aceptación del sistema la realización de un programa elaborado y coherente de licencias, que aseguraba la compatibilidad de registros y registradores. Un registro realizado con el sistema Dolby B puede ser reproducido por cualquier aparato que lo incorpore en su circuitería electrónica.

La principal característica del sistema Dolby B radica en su sistema de banda variable, que consiste en un filtro dinámico paso-alto cuya frecuencia de corte está controlada por el nivel y la frecuencia de la señal, de tal forma que cuando aparece una señal de elevado nivel y baja frecuencia, de la cual sabemos que no puede enmascarar el ruido, el filtro la detecta y se desplaza en el sentido de disminuir su frecuencia de corte, reduciendo en consecuencia el ruido prácticamente en idéntica proporción a la que se obtiene en ausencia de señal. El sistema Dolby B no atenúa las señales de elevada intensidad durante la grabación y se limita a amplificar las de bajo nivel (compresión de la dinámica). Actualmente, este sistema de reducción de ruido es el más utilizado y lo incorporan millones de platinas cassette. Hoy en día, la reducción de ruido de 10 dB a 4 kHz que se obtiene con el Dolby B ha sido superada por otros reductores. El avance registrado en la electrónica, mecanismos y cintas cassette, ha propiciado la obtención de mayores reducciones. Los laboratorios Dolby han incorporado recientemente su nuevo reductor de ruido Dolby C, con el que se obtiene una mejora de 20 dB a 1 kHz.

